

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請に係る論点整理について

TEPCO

2020年7月30日
東京電力ホールディングス株式会社

【説明内容】

- 下記の工事計画認可申請に係る論点並びに第867回、第870回及び第877回審査会合における指摘事項に対する回答について説明する。

■ 耐震評価に関する論点整理・指摘事項への回答

分類	No.	説明項目（論点/指摘事項への回答）	関連する 主な説明事項
耐震	1	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点【指摘事項に対する回答】 (1)廃棄物処理建屋で用いる地震応答解析手法/応力解析手法の妥当性確認 (2)「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて (3)設計体系における補助壁の取扱いについて	[3]-4
	2	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用【指摘事項に対する回答】	[3]-6

【論点1】

建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
【指摘事項に対する回答】

(1)廃棄物処理建屋で用いる地震応答解析手法/応力解析手法の
妥当性確認

本日のご説明内容

➤ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	令和2年6月16日 第867回 審査会合	入力を増大させた際の加速度応答スペクトルについて、接地率35%から22%への減少に伴い一部の周期帯に複数のピークが現れ、傾向に変化が見られるため、これらの周期における建屋の挙動も含めて、応答スペクトルの変化に対する考察を説明すること。
2	令和2年6月16日 第867回 審査会合	建屋の応答が低接地率となる場合、基礎浮き上がりに伴う建屋の回転による変形が大きくなるため、隣接建屋への影響について詳細に説明すること。

目次

1. 地盤 3次元FEM解析に見られる短周期の応答増幅について
2. 隣接建屋への影響について

1. 地盤 3次元FEM解析に見られる短周期の応答増幅について

(1) はじめに

廃棄物処理建屋の地盤3次元FEM解析結果として、入力地震動を増大させて建屋の応答変化を加速度応答スペクトルで比較した結果、下図に示すように入力1.2倍（接地率22%）のケースでは、0.05～0.2秒程度の短周期域で地上2階の増幅割合が大きい結果となった。今回はこの原因について考察した。

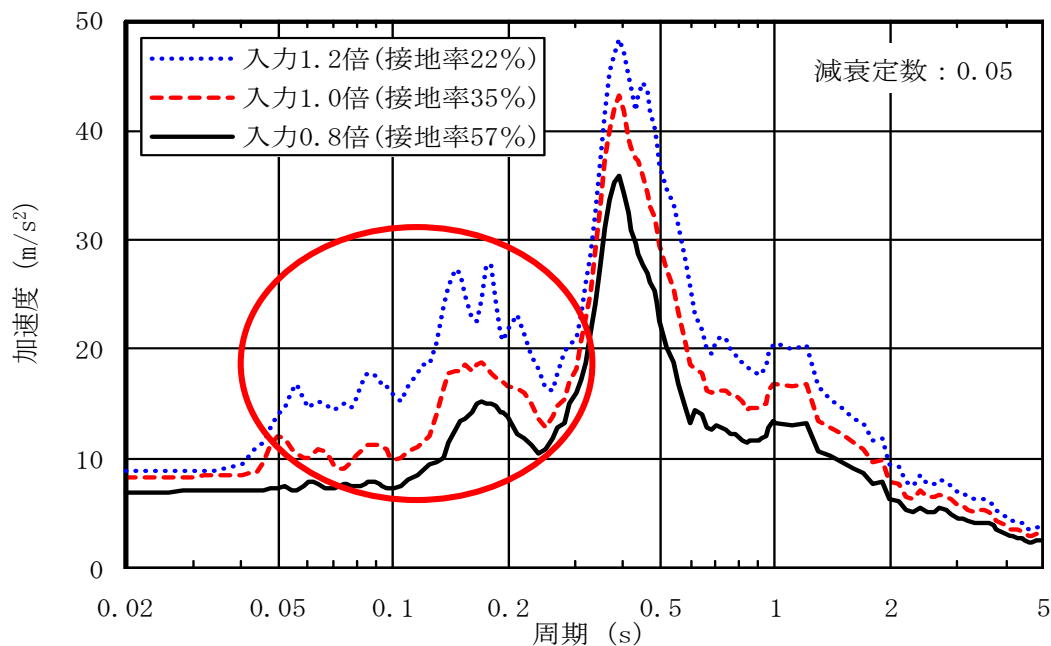
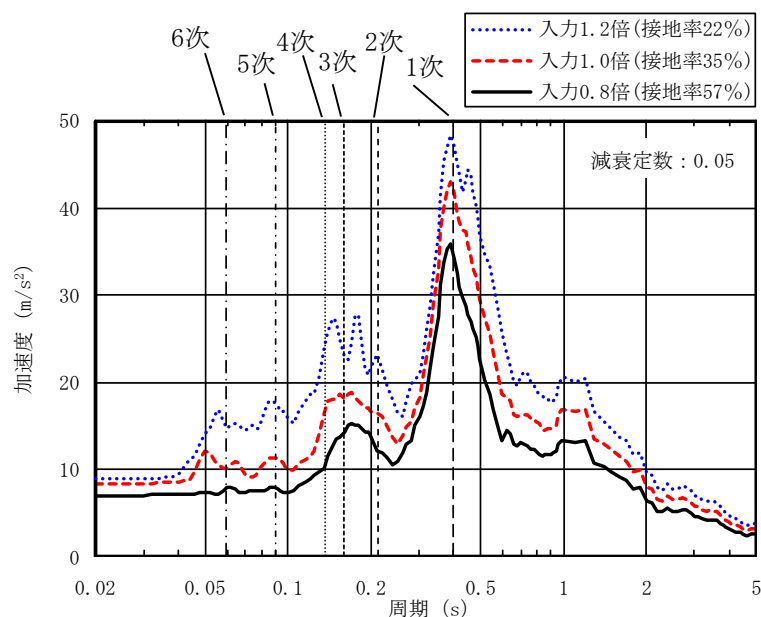


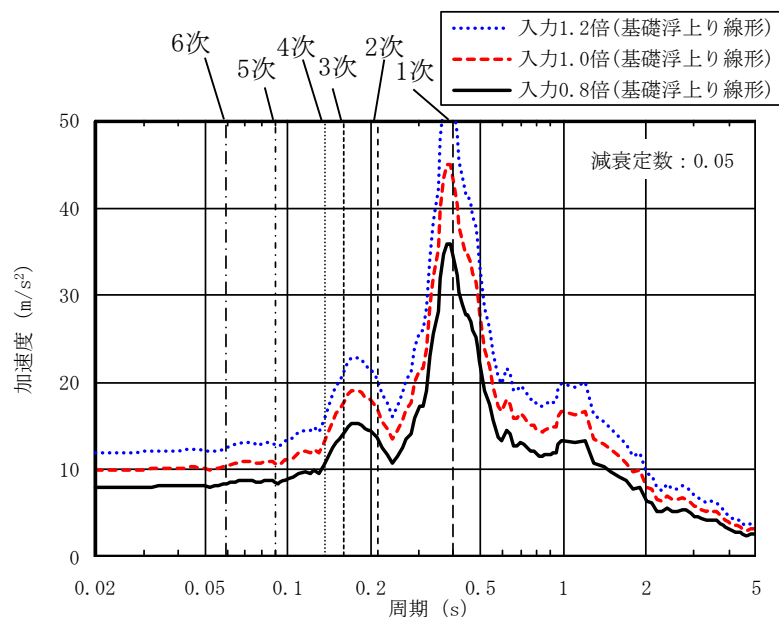
図1 地上2階（T.M.S.L.20.4m）の加速度応答スペクトル

(2) 増幅率と固有周期の関係

- 基礎浮上に伴う周期毎の応答増幅の傾向を把握するために、比較対象として**基礎浮上り線形モデル**で同様の地震応答解析を実施し、**基礎浮上り非線形モデル**の加速度応答スペクトルを比較した。なお、両モデルとも建屋は線形モデルとしている。
- その結果、**基礎浮上り非線形モデル**を採用したことにより短周期域で増幅割合が大きくなり、特に接地率が小さくなる1.2倍のケースでその傾向が顕著になることが分かった。
- また、増幅割合が大きい周期帯は、概ね3次～6次の固有周期に一致している。



(a) 基礎浮上り非線形モデル



(b) 基礎浮上り線形モデル

図2 地上2階 (T.M.S.L.20.4m) の加速度応答スペクトル

(3) 基礎浮上りに伴う剛体回転挙動

- 基礎浮上り線形モデルも基礎浮上り非線形モデルも建屋は線形モデルであることから、基礎浮上り非線形モデルのみ増幅がみられるのは基礎の浮上りに起因した現象であることが推察される。
- 下図に示すように基礎が浮き上がることにより、線形時には回転角 θ_0 が、非線形時には回転角 θ_1 がそれぞれ生じるため、この回転角に伴い上部では高さに応じた水平変位 x_0 及び x_1 が生じる。
- 通常固有値解析では線形時の回転によるモードは考慮されるが、非線形時の回転によるモードは考慮できないため、モード形をみても応答増幅として現れてこない。
- このような回転角 θ_1 に伴う剛体回転挙動が、周期0.2秒以下の増幅においてどの程度含まれているかを確認する。

X_E : 地動変位
 X_0 : 線形回転角に伴う水平変位
 X_1 : 非線形回転角に伴う水平変位
 X_2 : 建屋剛性に伴う水平変位

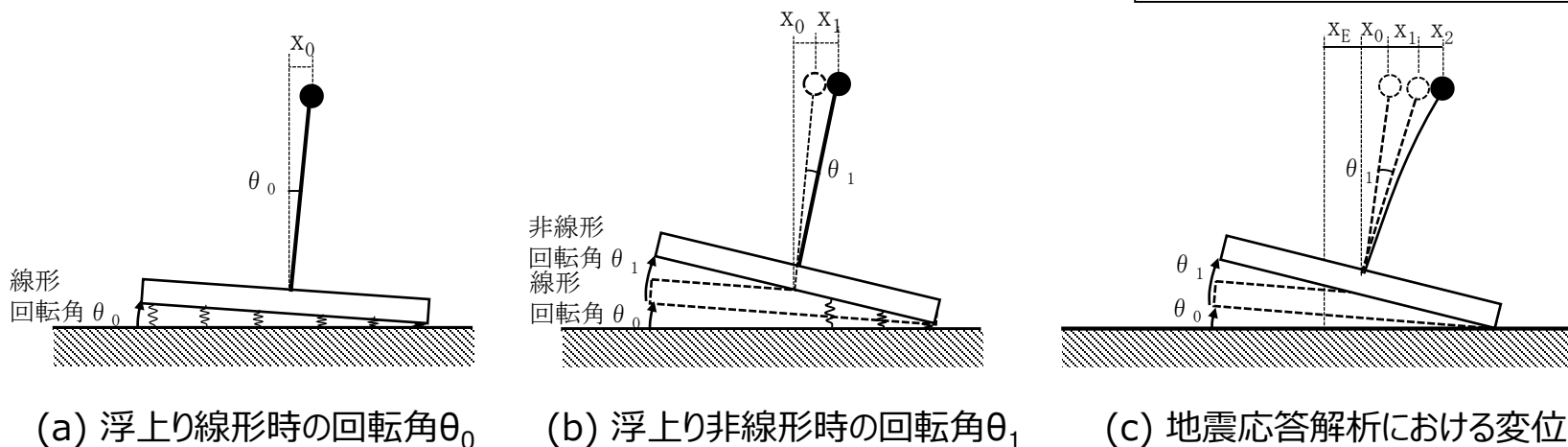


図3 基礎の回転に伴う応答変位の概念図

(4) バンドパスフィルター波形による検討 (1/3)

- 周期0.2秒以下の増幅において回転角 $\theta(\theta_0 + \theta_1)$ に伴う剛体回転挙動の影響がどの程度含まれているかを確認するために、3次と4次の間のピークに着目して、基礎浮上り非線形モデルの基礎上と2階の応答加速度波形の周期0.160~0.145秒(6.25Hz~6.90Hz)のバンドパスフィルター波形（以下「バンドパス波形」という。）を算定した。

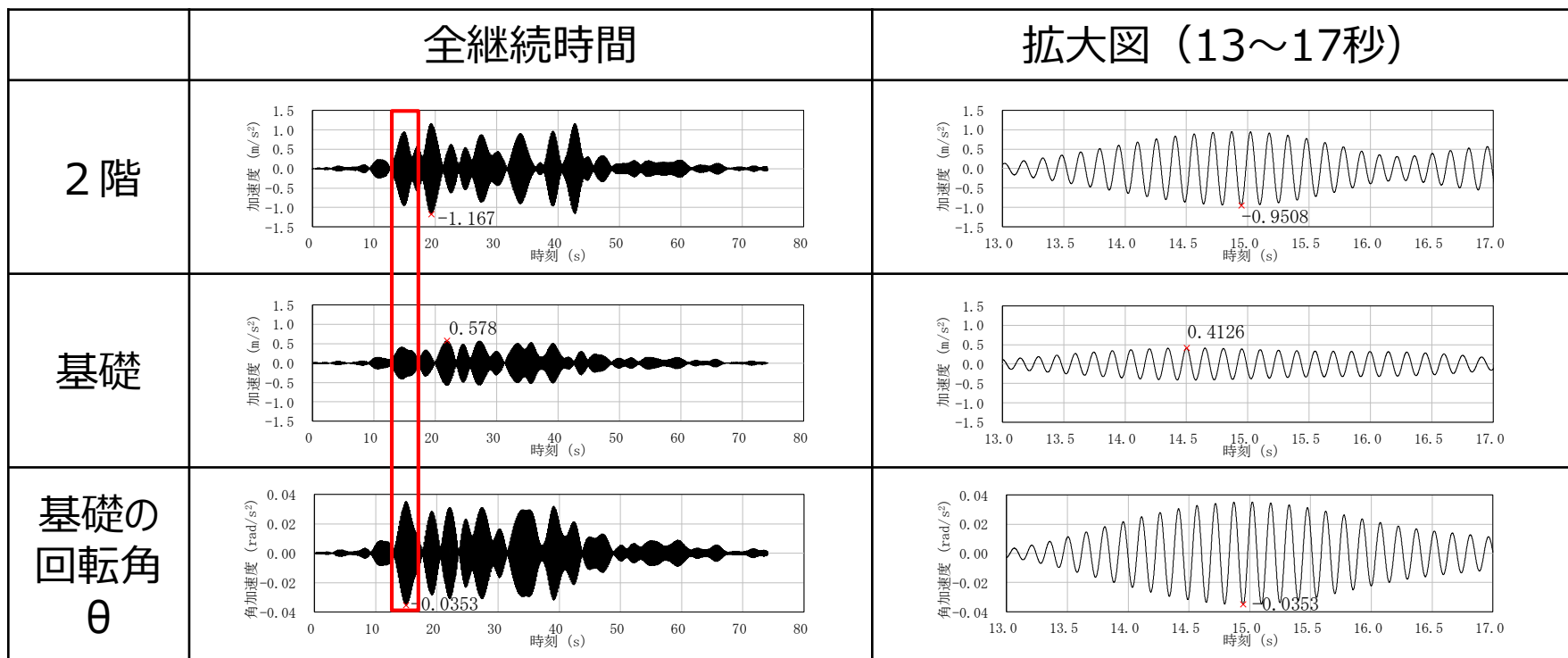


図4 1.2倍入力に対するバンドパス波形の比較 (6.25Hz~6.90Hz)

(4) バンドパスフィルター波形による検討 (2/3)

- 入力を0.8倍,1.0倍,1.2倍とした3ケースのバンドパス波形について, (a) 2階と基礎上, (b) 2階と剛体回転拳動に伴う応答 (基礎の回転角×基礎上から2階までの高さ $H(=26.5\text{m})$)であり, 「 $\theta \cdot H$ 」と称す。) の波形を重ねて比較した。
- (a) 2階と基礎上の比較により, 位相は異なるため, この帯域は建屋のモードに起因したものではないと考えられる。
- (b) 2階と $H \cdot \theta$ の比較により, 位相は一致しており, 2階の応答は基礎の回転角に関係していると考えられる。

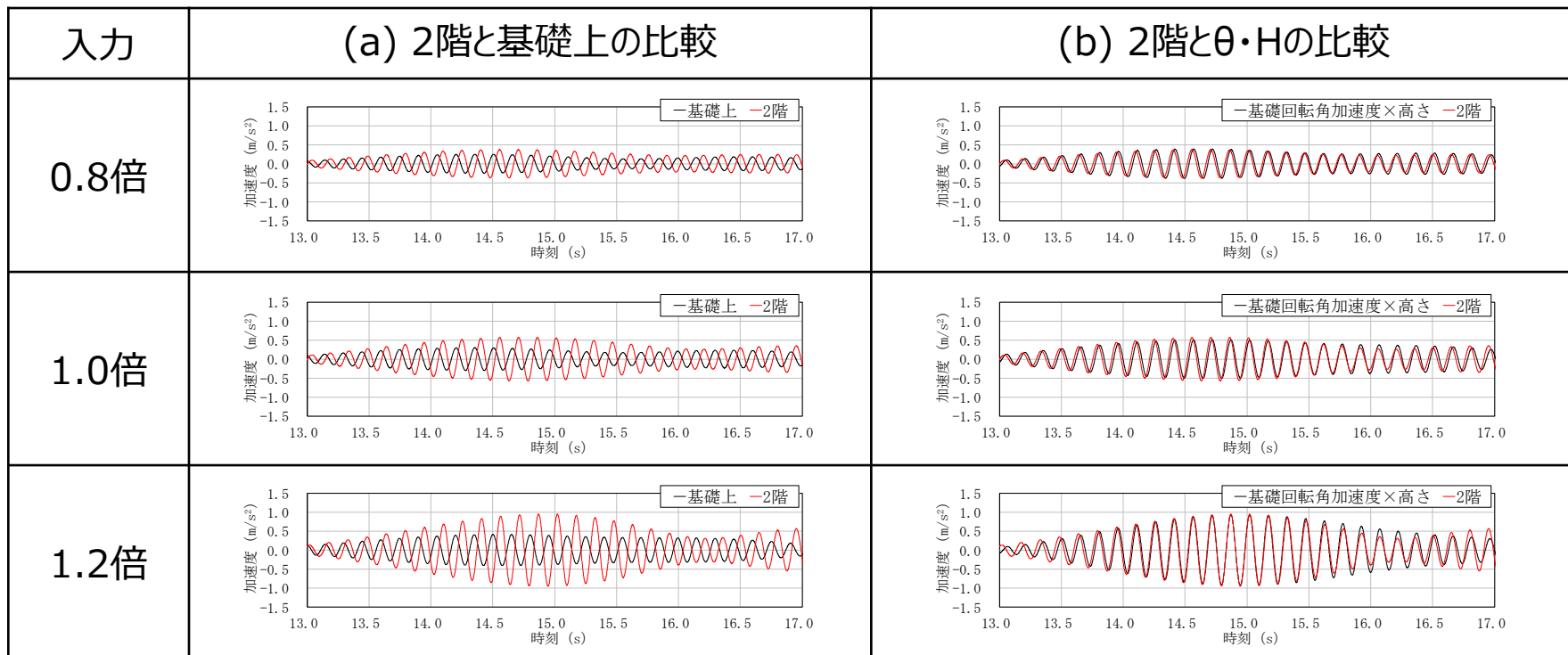


図5 バンドパス波形の重ね書き

(4) バンドパスフィルター波形による検討 (3/3)

- ・図3に示したように、計算される X は、 $X = x_E + x_0 + x_1 + x_2$ であることから、剛体回転拳動による $x_0 + x_1 = H \cdot \theta$ を差し引いた補正波を求めた。
- ・入力倍率により大きく異なっていた応答倍率（2階／基礎上）が、剛体回転拳動による $H \cdot \theta$ を差し引くことにより、どの入力ケースの応答倍率も同程度になる結果となった。
- ・このため、基礎浮上り非線形時の応答増幅の原因としては、基礎の浮上り非線形により生じた基礎の回転角に伴う幾何学的な建屋上部の変形が追加されたことによるものと考えられる。

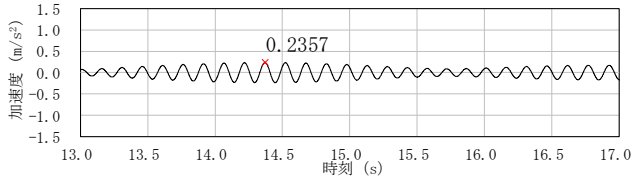
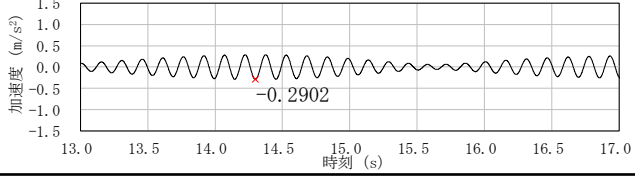
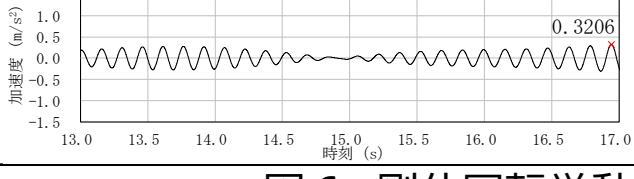
入力	補正後				補正前		
	補正波（2階の加速度応答 - $H \cdot \theta$ ）	最大振幅		応答倍率 ①／②	最大振幅		応答倍率 ①／②
		① 2階	② 基礎上		① 2階	② 基礎上	
0.8倍		0.236	0.251	0.94	0.373	0.251	1.49
1.0倍		0.290	0.301	0.96	0.574	0.301	1.91
1.2倍		0.321	0.423	0.78	0.951	0.423	2.30

図6 剛体回転拳動による $H \cdot \theta$ を差し引いた補正波形の比較

(5) まとめ

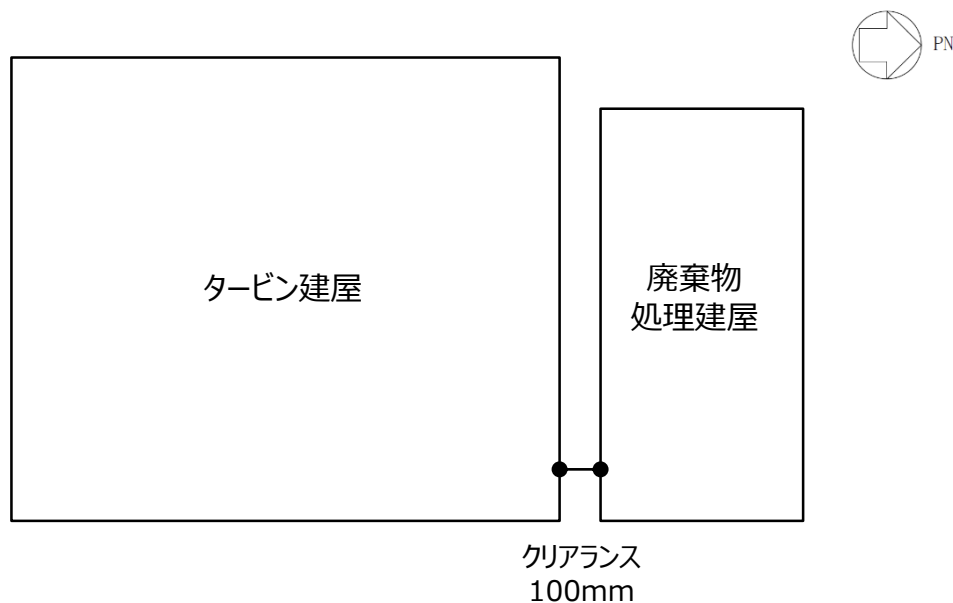
- ①廃棄物処理建屋の地盤3次元FEM解析結果として、入力地震動を増大させて建屋の応答変化を加速度応答スペクトルで比較した結果、入力1.2倍のケースでは0.05～0.2秒間の複数の周期で地上2階の増幅割合が大きくなったため、その原因について考察した。
- ②基礎浮上り線形モデルの地震応答解析を行って、加速度応答スペクトルを比較した結果、基礎浮上り非線形を考慮したことにより短周期域で増幅割合が大きくなり、特に接地率が小さくなる1.2倍のケースでその傾向が顕著になることが確認できた。
- ③基礎浮上り線形モデルも基礎浮上り非線形モデルも建屋は線形モデルであることから、基礎浮上り非線形モデルのみ増幅がみられるのは基礎の浮上りに起因した現象であると考え、浮上り非線形時の基礎の回転による応答増幅に着目した。
- ④応答増幅が顕著な周期帯域を対象にバンドパス波形による検討を行った結果、基礎浮上り非線形時の応答増幅の原因としては、基礎の浮上り非線形により生じた基礎の回転角に伴う幾何学的な建屋上部の変形が追加されたことによるものと考えられた。

以上より、短周期側の複数の周期で見られた応答増幅は、基礎浮上り非線形による基礎の回転に伴う応答増幅が原因であるものと考えられる。

2. 隣接建屋への影響について

(1) はじめに

隣接建屋への影響について、廃棄物処理建屋とタービン建屋のクリアランス（建屋間隔）が100mmであるため、タービン建屋と廃棄物処理建屋の地震応答解析に基づく建屋間の相対変位を確認し、100mmを超過する場合は影響確認を行う。



建屋配置図（概略図）

(2) 最大相対変位の評価結果 (1/2)

○絶対値和による最大相対変位

廃棄物処理建屋とタービン建屋の地震応答解析結果 (ケース1) の応答変位から算出した絶対値和による最大相対変位を以下に示す。

- ・Ss-1,2,3,8は、上層部の最大相対変位がクリアランス (100mm) を超える。
- ・Ss-4~7は、最大相対変位がクリアランス (100mm) 以下になる。

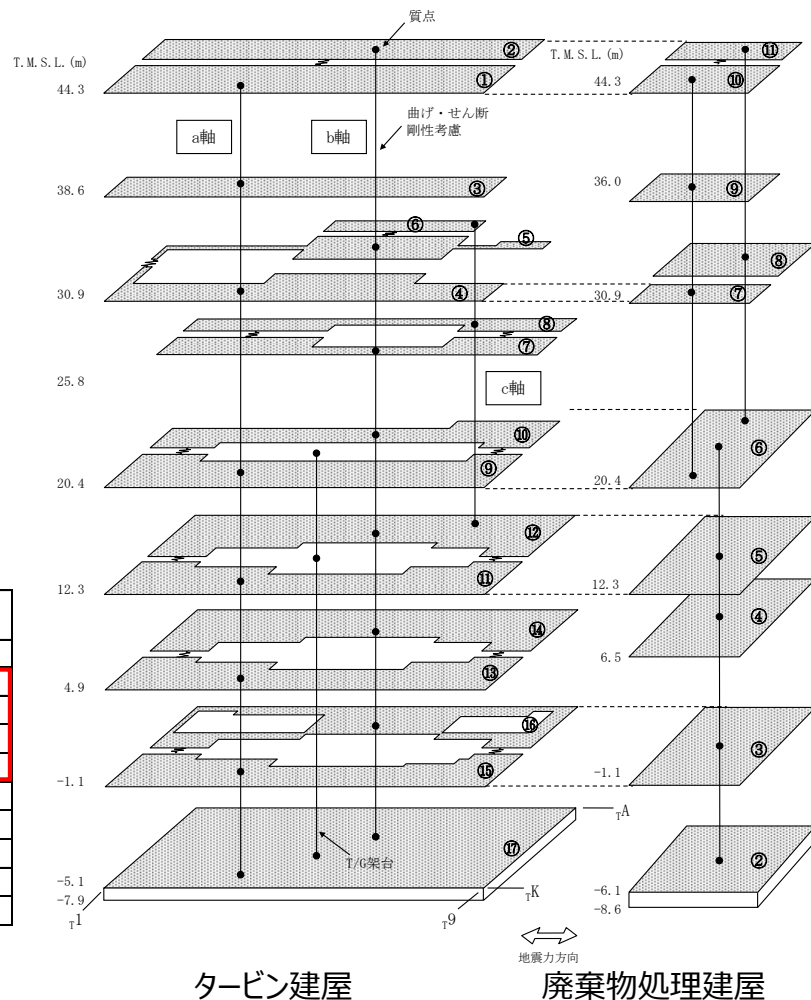
タービン建屋と廃棄物処理建屋間の絶対値和による最大相対変位 (ケース1)

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (絶対値和) (mm)							
	タービン建屋	廃棄物処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
44.3	1	10	213.5	158.4	160.8	68.2	73.4	73.0	63.1	164.1
	2	11	121.9	96.1	112.3	48.9	53.8	52.0	46.5	127.2
38.6	3	—*1	166.7	119.2	126.7	50.3	56.9	54.2	48.3	137.4
36.7	—*1	9	144.7	104.6	114.1	43.2	50.5	46.7	42.6	126.7
30.9	4	7	75.3	60.8	75.1	22.6	32.1	25.0	26.8	91.7
	5,6*2	—*1	79.6	59.0	74.4	28.8	40.4	31.9	36.5	83.8
30.4	—*1	8	77.2	56.6	72.1	27.9	39.4	31.0	35.4	82.2
25.8	7,8*2	—*1	61.3	42.9	56.9	23.1	32.4	25.7	28.4	72.6
20.4	9,10*2	6	49.6	34.2	46.6	16.4	23.2	18.0	19.7	61.8

注記*1: 建屋質点間の変位は上下質点の変位を線形補間する

*2: 最大相対変位が大きい質点番号の値を採用する

 : クリアランス(100mm)を超える。



NS方向の地震応答解析モデルの高さ関係

(2) 最大相対変位の評価結果 (2/2)

○時刻歴和による最大相対変位

時刻歴和による最大相対変位を示す。なお、時刻歴和による最大相対変位は、タービン建屋の応答変位から廃棄物処理建屋の応答変位を減じて算出した。

- ・Ss-1,2,3,8の一部ケースにおいて、最大相対変位がクリアランス (100mm) を超える。
- ・T.M.S.L.44.3m位置での最大相対変位は、Ss-8ケース3の137.0mmであり、この時の相対変位の時刻歴和を以下に示す。

(a) ケース1

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (時刻歴和) (mm)			
	タービン 建屋	廃棄物 処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8
	2	11	46.3	51.3	60.2	64.7
38.6	3	—*1	86.7	80.5	80.1	68.1

(b) ケース2

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (時刻歴和) (mm)			
	タービン 建屋	廃棄物 処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8
	2	11	39.2	47.3	48.1	42.7
38.6	3	—*1	68.8	64.8	60.0	44.0

(c) ケース3

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (時刻歴和) (mm)			
	タービン 建屋	廃棄物 処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8
	2	11	73.2	64.7	78.1	79.3
38.6	3	—*1	107.5	86.7	82.0	105.9

注記※1：建屋質点間の変位は上下質点の変位を線形補間する

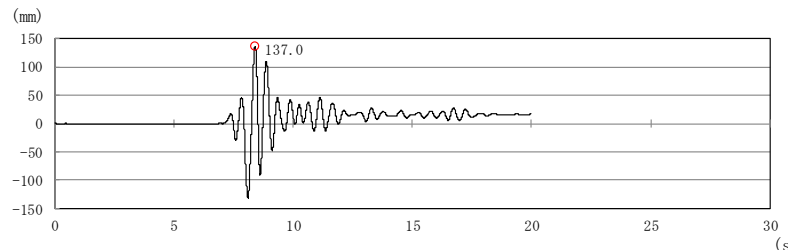
 ：クリアランス(100mm)を超える。

(d) ケース4

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (時刻歴和) (mm)			
	タービン 建屋	廃棄物 処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8
	2	11	64.6	61.2	63.2	62.0
38.6	3	—*1	93.8	79.8	73.1	62.4

(e) ケース5

T. M. S. L. (m)	質点番号		最大相対変位 (時刻歴和) (mm)			
	タービン 建屋	廃棄物 処理建屋	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-8
	2	11	43.9	47.0	62.0	64.3
38.6	3	—*1	88.7	79.6	83.2	68.7



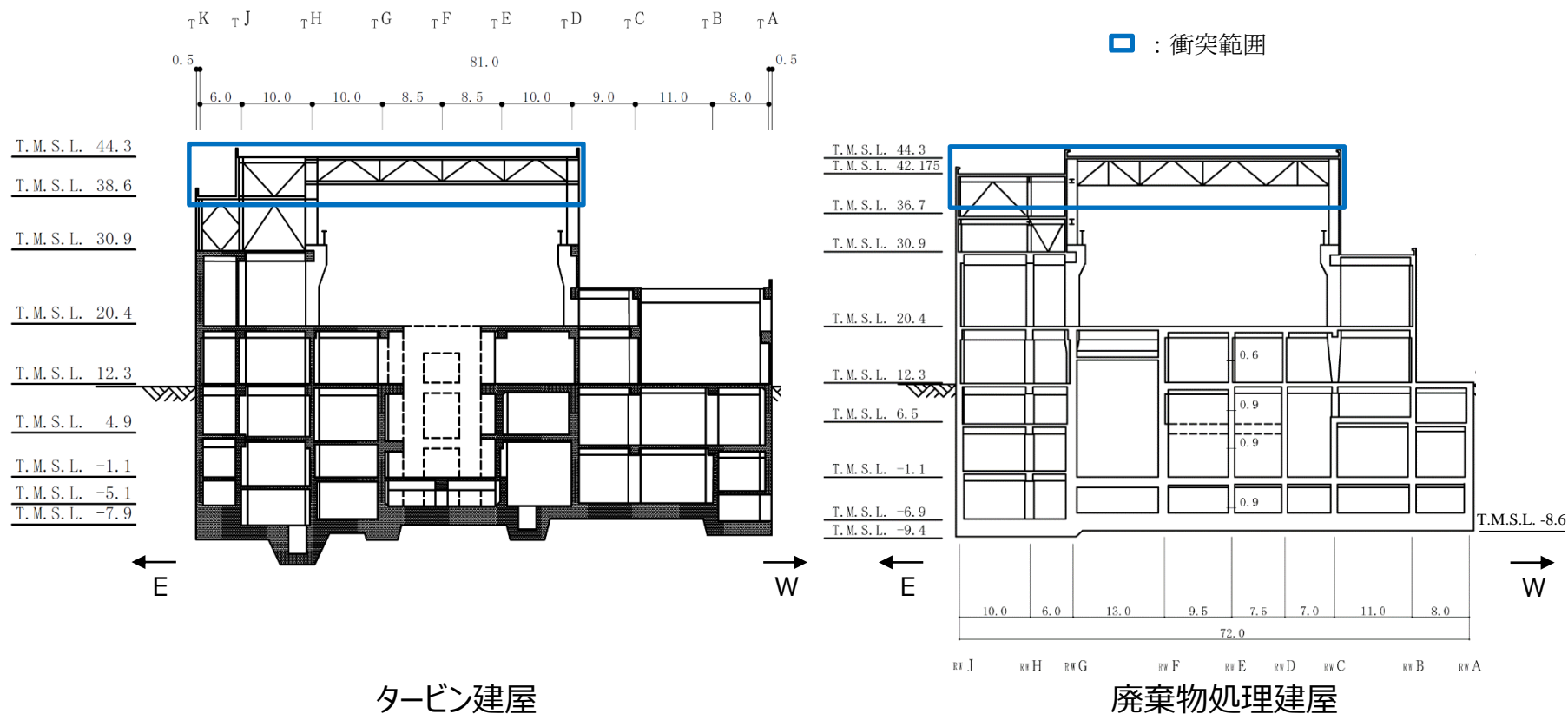
タービン建屋 (質点①) と廃棄物処理建屋 (質点⑩) 間の時刻歴和による相対変位 (Ss-8ケース3)

(3) 衝突時の影響確認 (1/6)

建屋上層部において相対変位が100mmを超えることから、衝突範囲を確認する。

○衝突範囲の確認

T.M.S.L.44.3mにおいて最大相対変位となるSs-8ケース3のときのタービン建屋と廃棄物処理建屋の衝突範囲を示す。タービン建屋の質点①と廃棄物処理建屋の質点⑩の相対変位が100mmを超えることから、衝突範囲は屋根トラスの東側部分となるが、保守的にトラス全体が衝突することを想定する。

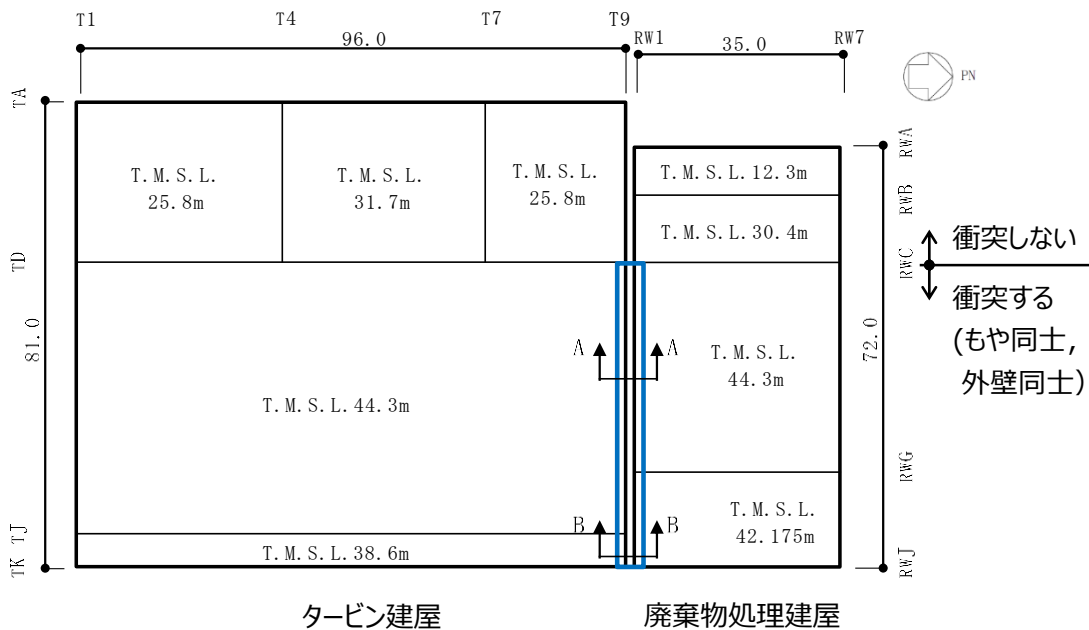


建屋断面図 (EW方向)

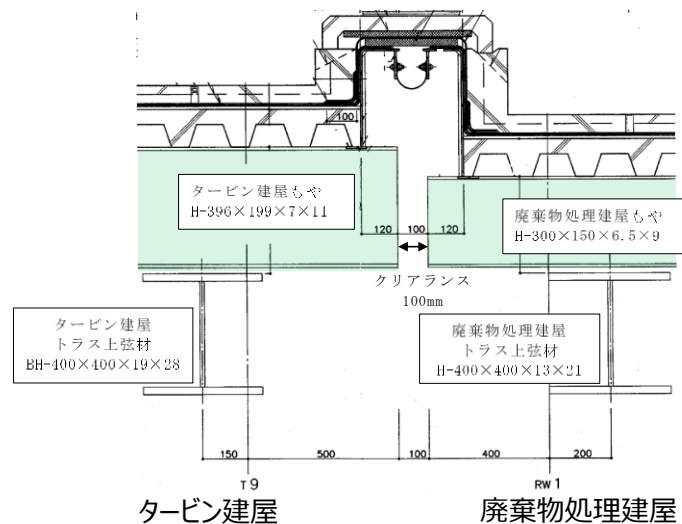
(3) 衝突時の影響確認 (2/6)

○衝突範囲

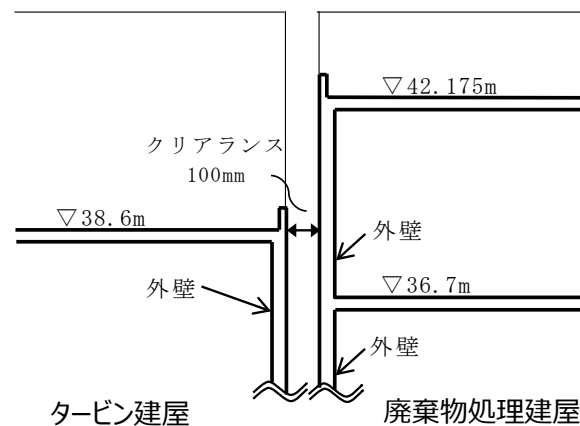
- ・T.M.S.L.44.3mでは、もや同士が衝突する。
- ・T.M.S.L.38.6mでは、外壁同士が衝突する。



建屋平面図 (概略図)



A-A断面図
(T.M.S.L.44.3mの建屋間納り)



B-B断面図

(3) 衝突時の影響確認 (3/6)

○局部評価の評価方針

- 衝突部位は頂部の鉄骨部分のもやであり、また、超過する変位も37mm程度であることから、弾性衝突を仮定して運動量保存則に基づく評価を行う。
- T.M.S.L.44.3mについては、衝撃力がもやの許容限界を超えないことを確認する。
- 建屋上層部の変位が大きいことから、もやより下部については、もやの衝突を考慮した上で、衝突の有無を判断する。

○T.M.S.L.44.3mの局部評価の評価方法

- 局部評価に用いる衝撃力は以下の評価式から求め、衝撃力がもやの許容限界（弾性限強度に基づく圧縮力）を超えないことを確認する。

(衝撃力の評価式)

$$F = \frac{2 \cdot m_T \cdot m_R}{m_T + m_R} \cdot (a_T - a_R)$$

F : 物体が受ける外力(衝撃力)

m_T : タービン建屋衝突時の評価に用いる質量

m_R : 廃棄物処理建屋衝突時の評価に用いる質量

a_T : タービン建屋の質点1の衝突時の加速度

a_R : 廃棄物処理建屋の質点10の衝突時の加速度

○T.M.S.L.44.3mの局部評価の諸条件

- 相対変位が100mmを超える時の相対加速度が最大となる時刻の加速度を用いて衝撃力を算定する。
- 評価に用いる質量は、衝突部位に近い通り芯の柱、梁の支配面積分を基本と考えるが、ここでは保守的に1スパン分を用いる。

評価に用いる相対加速度

ケース	最大相対加速度 (m/s ²)
Ss-8ケース3	16.6

評価に用いる質量

建屋	質量 (t)
タービン建屋 m_T	724.6
廃棄物処理建屋 m_R	413.8

(3) 衝突時の影響確認 (4/6)

○T.M.S.L.44.3mの局部評価の評価結果

- 衝突時の衝撃力は、もやの許容限界を超えないことを確認した。

①衝撃力 (kN)	②許容限界 (kN)	検定値 ①/②
8735	21720	0.403

○衝突時のもやの変形量

- 衝撃力から下式を用いて衝突時のもやの変形量を算出した結果、もやの変形量は、両建屋の合計で0.7mm程度変形する結果となった。なお、もやの断面積は、廃棄物処理建屋の断面積の方が小さいため、廃棄物処理建屋の断面積の合計を評価に用いる。

衝撃力 (kN)	①廃棄物処理建屋の もやの変形量 (mm)	②タービン建屋の もやの変形量 (mm)	①+② もやの変形量の合計 (mm)
8735	0.304	0.329	0.633 ⇒ 0.7

(変形量の評価式)

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

ΔL : もやの変形量 (mm)

F : 衝撃力

L : もやの部材長さ (T/B : 650mm, Rw/B : 600mm)

E : 鉄骨のヤング係数 (205000N/mm²)

A : 廃棄物処理建屋のもやの軸断面積の合計 (84200mm²)

(3) 衝突時の影響確認 (5/6)

○もやの接合部の評価

- もやとトラス上弦材との接合部の評価を行い、衝撃力が許容限界を超えないことを確認した。

(ボルトの最大せん断耐力評価式)

$$q_{bu} = 0.6 \cdot m \cdot A_{bs} \cdot F_{bu}$$

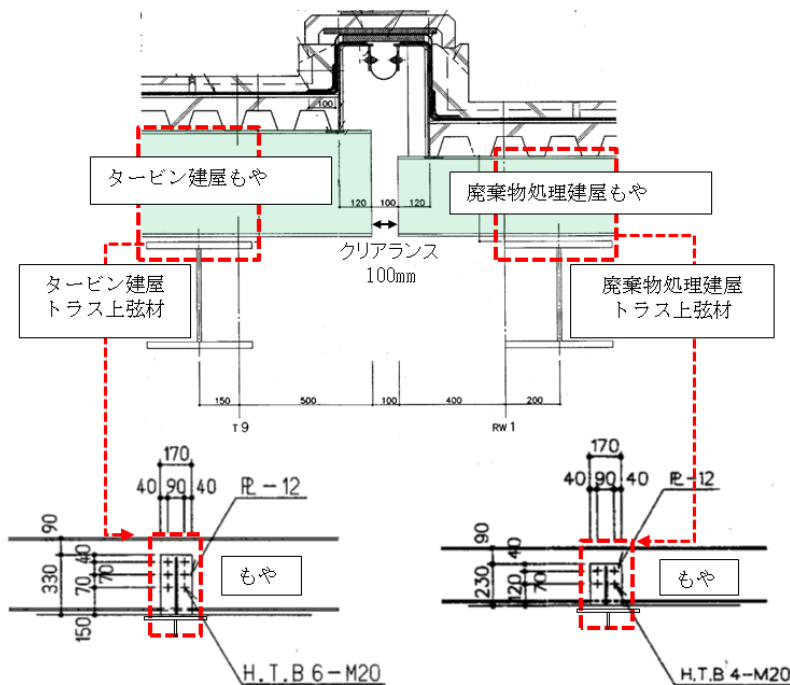
q_{bu} : 最大せん断耐力

m : 摩擦面の数 (1面)

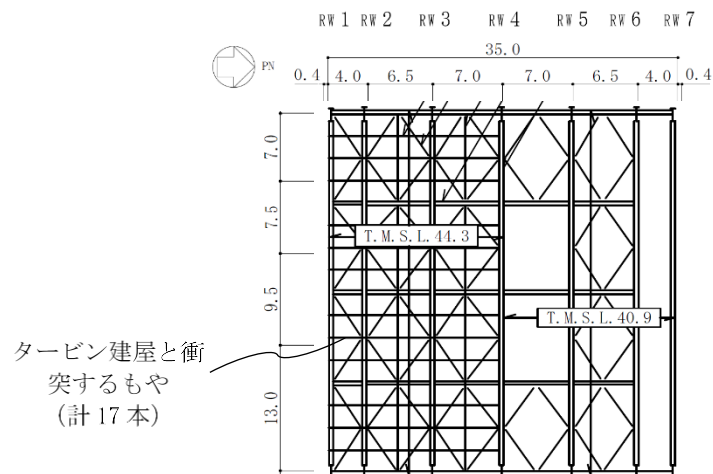
A_{bs} : 高力ボルトの軸部断面積 (314mm²)

F_{bu} : 高力ボルトの引張強さ (F10T, 1000N/mm²)

①衝撃力 (kN)	②ボルトの最大耐力 (kN/本)	接合部の最大耐力(kN)		検定値 ①/④
		③Rw1通り 1箇所当たり (②×ボルト4本)	④Rw1通り (③×もや17本)	
8735	188	752	12784	0.69



もやとトラス上弦材の接合部



タービン建屋と衝突する廃棄物処理建屋のもや

(3) 衝突時の影響確認 (6/6)

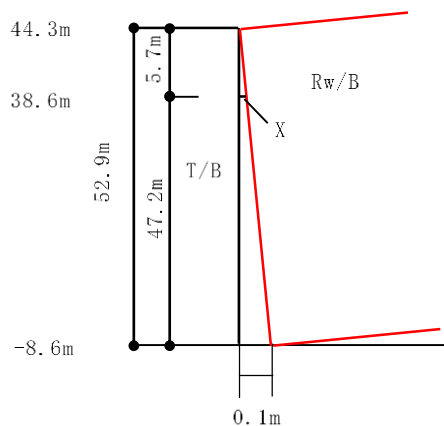
○衝突時のT.M.S.L.38.6mの建屋間隔

- T.M.S.L.44.3mのもやが衝突した時のT.M.S.L.38.6mにおける廃棄物処理建屋とタービン建屋の建屋間隔を求め、T.M.S.L.38.6mにおける衝突の有無を確認する。
- 衝突時のもやの変形を考慮したT.M.S.L.38.6mにおける建屋間隔は、10.1mmとなり、T.M.S.L.38.6mにおいては衝突しないことを確認した。

廃棄物処理建屋とタービン建屋の衝突時の建屋間隔

T.M.S.L. (m)	①もやの変形を考慮しない 建屋間隔(mm)	②もやの変形量 (mm)	①－② もやの変形を考慮した 建屋間隔(mm)
38.6	10.8	0.7	10.1

T. M. S. L.



相似則より

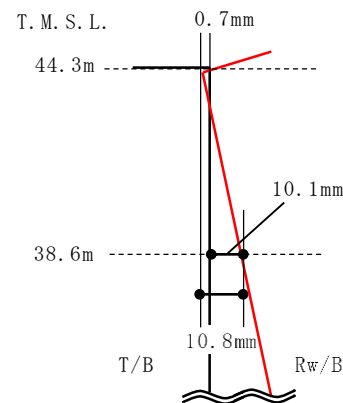
$$52.9:0.1 = 5.7: X$$

$$X = (5.7 \times 0.1) / 52.9 = 0.0108 \text{ (m)}$$

建屋間隔は 10.8mm

もやの変形を考慮しない場合の建屋間隔(①)

T. M. S. L.



もやの変形を考慮した場合の建屋間隔(①－②)

- もやの変形量を考慮した建屋間隔は、廃棄物処理建屋が基礎下T.M.S.L.-8.6mからタービン建屋側に転倒（回転）したと仮定し、T.M.S.L.44.3mの相対変位が0mmとなる時のT.M.S.L.38.6mの相対変位を相似則により算出し(①)、この相対変位からもやの変形量(②)を減じて算出する。

(4) まとめ

- ① 廃棄物処理建屋とタービン建屋間の相対変位について各建屋の地震応答解析結果に基づいて評価した結果、クリアランス（建屋間隔）100mmを、T.M.S.L.44.3mにおいては最大で37.0mm、T.M.S.L.38.6mにおいては最大で7.5mmを超えることを確認した。
- ② 衝突時の影響評価として、衝突時の衝撃力が部材(もや)に与える影響を評価した結果、T.M.S.L.44.3mにおいては、衝撃力がもやの許容限界を超えないことを確認した。また、T.M.S.L.38.6mにおいては、T.M.S.L.44.3mのもや衝突時における建屋間隔を評価し、衝突しないことを確認した。

【論点1】

建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
【指摘事項に対する回答】

(2)「応答結果に影響する不確かさ要因」の取扱いについて

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
3	令和2年6月16日 第867回 審査会合	応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。
4	令和2年7月16日 第877回 審査会合	柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。

第867回 審査会合（令和2年6月16日）における説明（1/2）

- 第867回審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

耐震性に影響を与える他の要因（1 / 2）（指摘事項No.1-3）

- 耐震性に影響を与える他の要因について、以下のとおり検討を実施し、設計上の考え方を整理した。

耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物及び機器・配管系)
材料物性の不確かさ	基本モデルの妥当性を確認した上で、物性値の不確かさを考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。
改造工事に伴う重量の増加	応答性状に影響を与える重量の増加は基本モデルに取り入れた上で、その他の重量の増加を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	設計上の保守性を担保するため、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に応答比率を乗じて許容値以下であることを確認する方法により考慮する。
補助壁の曲げ変形	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
側面地盤からの回転入力	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・建屋質点系・地盤2次元FEMモデルとの比較 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
表層地盤からの入力	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・地震観測記録による検討 ・地盤の等価線形解析 ・不確かさを考慮した地震応答解析	基本モデルと応答値が同等であることから基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。

（第867回 審査会合（令和2年6月16日）スライド25より抜粋）

第867回 審査会合（令和2年6月16日）における説明（2/2）

- 第867回審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

耐震性に影響を与える他の要因（2 / 2）（指摘事項No.1-3）

耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物及び機器・配管系)
SITによる剛性低下	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・既往の知見による検討 ・地震観測記録による検討 ・RCCV部の剛性の感度解析	基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
鉄筋コンクリート造部の減衰定数の影響	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認した。 ・既往の知見による検討 ・地震観測記録による検討 ・減衰定数の感度解析 ・入力地震動及び建物・構築物の構造と形状を踏まえた考察	基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しない。
重大事故時の高温による剛性低下	既往の知見による検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。
3次元元的挙動	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。 ・基礎のロッキング ・建屋のねじれ ・床柔性 ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。
隣接建屋の影響	既往の知見による検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に応答比率を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震評価に与える影響がないことを確認する。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

（第867回 審査会合（令和2年6月16日）スライド26より抜粋）

第877回 審査会合（令和2年7月16日）における説明（1/2）

- 第877回審査会合では、「隣接建屋の影響に関する検討」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

隣接建屋の影響に関する検討

【解析結果（原子炉建屋）】

- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の最大応答値について、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図4に示す。

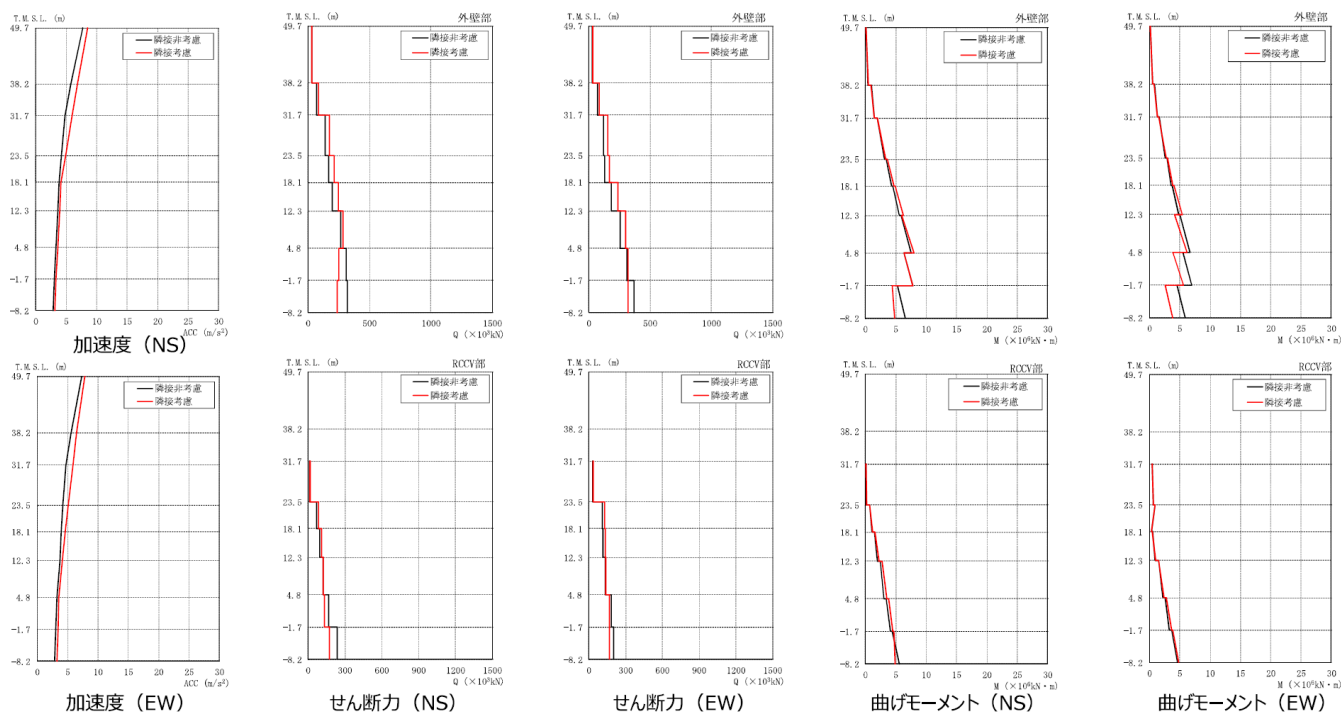


図4 最大応答値の比較（左から、加速度・せん断力・曲げモーメント）

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社



（第877回 審査会合（令和2年7月16日）スライド8より抜粋）

第877回 審査会合（令和2年7月16日）における説明（2/2）

- 第877回審査会合では、「隣接建屋の影響に関する検討」について説明した。

【論点1】(1) 原子炉建屋の地震応答解析に影響を与える要因の確認【指摘事項に対する回答】

隣接建屋の影響に関する検討

【解析結果（原子炉建屋の床応答スペクトル）】

- 地震応答解析より得られた原子炉建屋の加速度応答に基づく床応答スペクトルについて、全建屋を考慮した隣接モデル（ALL）と原子炉建屋を単独でモデル化したケース（S1）の比較結果を図5に示す。

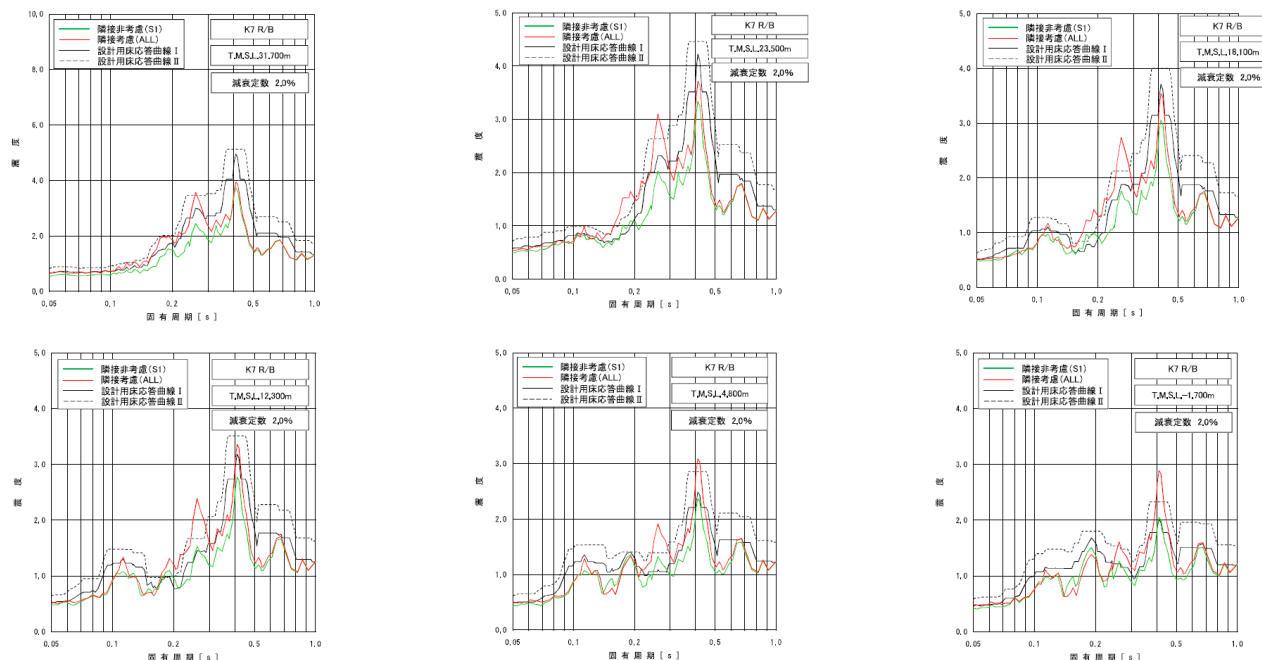


図5 床応答スペクトルの比較（R/B、水平方向（NS、EW包絡）、減衰定数2.0%）

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社



9

（第877回 審査会合（令和2年7月16日）スライド9より抜粋）



審査会合での指摘事項

- 前回の審査会合では、「応答結果に影響する不確かさ要因」に関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.3

応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。

■ 指摘事項No.4

柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。

指摘事項に対する回答

■ 指摘事項No.3

応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いについて、設計上の位置付けをより明確にした上で、不確かさ要因の重畳に係る設計上の取扱いを整理して説明すること。また、原子炉建屋と同様に、他の主要建屋（タービン建屋、コントロール建屋、廃棄物処理建屋）での取扱いを整理して説明すること。

■ 指摘事項No.4

柏崎刈羽7号機では、軟岩としてのサイト特性、建屋の配置、埋込状況等の複合的な要因から、他サイトに比べて影響が大きい評価結果となっているため、影響評価結果の申請上の位置付けを明確化し、次回会合において、物性のばらつき、不確かさの考慮に係る考え方の整理に含めて説明すること。



■ 回答

- 応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目（基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しないとしたもの以外の項目）について、不確かさ要因の重畳を含めた具体的な検討方法について整理した。
- その上で、設計上の考え方を踏まえて各項目の申請上の位置付けについて整理した。また、「隣接建屋の影響」については、各施設の耐震性が確保されることを補足説明資料にて確認しているものの、影響が有意な施設については工認添付書類※として、影響検討結果を記載する方針とした。

※「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」の別添

- 他の主要建屋については、原子炉建屋に準じて同様の取扱いを行う方針とした。

各項目に対する設計上の考え方及び不確かさ要因の重畳に係る具体的な評価方法（1 / 2）

- 前回審査会合にて、応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目※について、材料物性の不確かさと重畳の有無を含めた具体的な評価等の方法について整理した。

※「基本モデルの妥当性を確認できるため、設計上考慮しないとした」以外の項目

赤字：材料物性の不確かさを考慮 青字：材料物性の不確かさを非考慮

耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物及び 機器・配管系)	具体的な評価等の方法	
			建物・構築物	機器・配管系
材料物性の不確かさ	基本モデルの妥当性を確認した上で、物性値の不確かさを考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力を考慮する。	基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡することにより、 設計用地震力 に考慮している。	基本ケースの地震応答解析結果と材料物性の不確かさケースの地震応答解析結果を全て包絡することにより、 設計用地震力 に考慮している。なお、設計用地震力の設定においては、基本ケースのFRSを±10%拡幅したものをを用いている。
改造工事に伴う重量の増加	応答性状に影響を与える重量の増加は基本モデルに取り入れた上で、その他の重量の増加を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	設計上の保守性を担保するため、その他の重量の増加が有意な場合は耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に 応答比率 を乗じて許容値以下であることを確認する方法により考慮する。	設計用地震力 による部材評価の発生値に、 応答比率 を乗じて許容値以下であることを確認している。 応答比率 = 重量変更 / 基本ケース	設計用地震力 × 応答比率 によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。 応答比率 = 重量変更 / 基本ケース
重大事故等時の高温による剛性低下	既往の知見による検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの 応答値* に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	設計用地震力 によるせん断ひずみ及び接地率に、 応答比率 を乗じて許容値以下であることを確認している。 応答比率 = SA剛性低下ケース / 基本ケース	SA剛性低下ケース によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

各項目に対する設計上の考え方及び不確かさ要因の重畳に係る具体的な評価方法 (2 / 2)

赤字：材料物性の不確かさを考慮 青字：材料物性の不確かさを非考慮

b>

耐震性に影響を与える要因	検討内容	設計上の考え方 (建物・構築物及び 機器・配管系)	具体的な評価等の方法	
			建物・構築物	機器・配管系
3次元挙動	以下の検討・考察により、基本モデルの妥当性を確認できるものの、基本モデルに対する現象の不確かさとして影響検討することとした。 ・基礎のロッキング ・建屋のねじれ ・床柔性 ・水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	<p><面外> 建物・構築物における「面内方向の荷重に加え、面外慣性力の影響が大きい」という応答特性を踏まえ、3次元的な応答特性が想定される部位として原子炉建屋（燃料取替床レベル）の壁を抽出し、建屋3次元FEMによる最大応答加速度に、応答比率を乗じて算出したSs地震時の面外慣性力を用いた断面算定を実施し耐震性が確保されることを確認している。</p> <p>応答比率 = (材料物性の不確かさケース / 基本ケース) × {質点系 (Ss) / 質点系 (Sd)}</p>	<p><面外> 影響評価条件によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。</p> <p>影響評価条件 = 基本ケース × (3DFEM / 質点系)</p>
			<p><局所応答の影響> 基本ケースのせん断ひずみに、応答比率を乗じて許容値以下であることを確認している。</p> <p>応答比率 = {建屋模擬モデル (3DFEM) / 質点系対応モデル (3DFEM)} × (水平2方向鉛直方向※ / 水平1方向※) ※：建屋模擬モデル (3DFEM) の応答を用いる</p>	<p><質点系モデルでは見られないFRSへの影響> 影響評価条件によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。</p> <p>影響評価条件 = 基本ケース × 応答比率 (3DFEM / 質点系) ※ ※：NS方向のFRSに対してのみ実施</p>
隣接建屋の影響	既往の知見による検討・考察により、定性的には影響が小さいことが確認出来るものの、柏崎刈羽原子力発電所が軟岩サイトであること及び6, 7号機がツインプラントであり建屋群が近接して設置されていることを踏まえて、隣接建屋を考慮した地震応答解析を実施し、影響を確認した。	隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認したため、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	<p>設計用地震力による部材評価の発生値に、応答比率を乗じて許容値以下であることを確認している。</p> <p>応答比率 = 隣接有り / 隣接無し</p>	<p>設計用地震力 × 応答比率によるFRS等を用いて、発生値が許容値以下であることを確認している。</p> <p>応答比率 = 隣接あり / 隣接無し</p>

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

各項目の申請上の位置付けについて

- 各要因に対する設計上の考え方を踏まえ、申請上の位置付けを下記の通り整理した。

赤字：工認添付書類 青字：補足説明資料

耐震性に影響を与える要因	設計上の考え方 (建物・構築物及び機器・配管系)	申請上の位置づけ
材料物性の不確かさ	設計上の保守性を担保するため、設計用地震力に考慮する。	設計用地震力に考慮しているため、 各施設の耐震計算書 に材料物性の不確かさを考慮した結果を記載する。
改造工事に伴う重量の増加	設計上の保守性を担保するため、その他の重量の増加が有意な場合は耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に応答比率を乗じて許容値以下であることを確認する方法により考慮する。	原子炉建屋の地震応答計算書の別紙 にて、設計用地震力に 応答比率 を乗じた場合であっても各施設の耐震性が確保されることを記載する。
重大事故等時の高温による剛性低下	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	現実にコンクリートの剛性低下は起きないと考えるが、現象の不確かさとして極端にコンクリートの剛性を低下させた検討であり、各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。
3次元の挙動	基本モデルに対する現象の不確かさとして、耐震評価における基本モデルの応答値*に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	個別の施設については、 各施設の耐震計算書 において、必要に応じて、3次元の挙動を考慮可能な解析モデルを採用している。 3次元の挙動を考慮した建屋応答については、基本モデルに対する現象の不確かさとして、各施設の耐震性が確保されることを 補足説明資料 にて説明する。 なお、検討の結果、耐震性が確保されない場合は、各施設の設計の見直しを行い、 耐震計算書 に反映する。
隣接建屋の影響	隣接建屋の影響によって応答が増幅又は減少する効果があることを確認したため、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した応答値に 応答比率 を乗じた場合にも許容値以下であり、耐震性が確保されることを確認する。	隣接建屋の影響と材料物性の不確かさの重畳を考慮した場合にも、各施設の耐震性が確保されることを補足説明資料にて確認しているものの、影響が有意な施設については 「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」の別添 に影響検討結果を記載する。

注記*：影響評価の簡便化のため、材料物性の不確かさを考慮した応答値を用いる場合がある。

「応答結果に影響する不確かさ要因」の他の主要建屋での扱いについて

- 他の主要建屋（タービン建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋）については，「応答結果に影響する不確かさ要因」について，原子炉建屋に準じた取扱いを行うものとする。
- ただし，下記項目については，他の主要建屋での検討は不要と整理した。
 - 重大事故等時の高温による影響

(理由)

・原子炉建屋以外の主要建屋では，重大事故等時に建屋内の温度が原子炉建屋のように上昇せず，高温によるコンクリートの剛性低下を考慮する必要がないため。

– 3次元の挙動

(理由)

・原子炉建屋以外の主要建屋では，3次元的な挙動が想定されるフロア（オペフロより上部）に重要な機器が設置されていないこと。*

注記*：タービン建屋については，オペフロより上部の壁が一面存在せず，ねじれの影響が想定されるため，建屋3次元FEMによる検討により，影響が軽微であることを確認している。

まとめ

- 応答結果に影響する不確かさ要因の取扱いとして示した項目のうち、設計上の位置付けが明確でなかった項目について、不確かさ要因の重畳を含めた具体的な検討方法について整理した。
- その上で、設計上の考え方を踏まえて、各項目の申請上の位置付けについて整理した。また、「隣接建屋の影響」については、各施設の耐震性が確保されることを補足説明資料にて確認しているものの、影響が有意な施設については工事計画認可申請書の添付書類※として、影響検討結果を記載する方針とした。

※「耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書」の別添

- 他の主要建屋については、原子炉建屋に準じて同様の取扱いを行う方針とした。

【論点1】

建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
【指摘事項に対する回答】

(3)設計体系における補助壁の取扱いについて

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
5	令和2年6月30日 第870回 審査会合	今回工認において、補助壁の負担せん断力を減じて設計を行っているRCCVについて、地震応答解析、応力解析、許容限界等の観点に対する保守性の考え方を整理して説明すること。
6	令和2年6月30日 第870回 審査会合	床スラブについて、補助壁が負担したせん断力を下層へ伝達する役割を担うことから、補助壁が負担するせん断力を床スラブが十分に伝達できていることを説明すること。

目次

1. 指摘事項及び回答の概要
2. RCCVの保守性の考え方
3. 床スラブによるせん断力の伝達

1. 指摘事項及び回答の概要

第870回 審査会合（令和2年6月30日）における説明

- 第870回 審査会合では、RCCVの評価における補助壁の取扱いとして、補助壁にせん断力を負担させることを説明した。

【論点1】 3. 補助壁の取扱いの整理並びに設計体系の合理性及び結果の保守性の確認

RCCVの評価における補助壁の取扱い並びに各部材の設計体系の合理性及び結果の保守性

- 既工認時は、地震応答解析では間仕切壁（補助壁含む）を考慮しておらず、応力解析においても間仕切壁（補助壁含む）をモデル化せず、RCCVのみで地震荷重を負担する設計としていた。
- 今回工認では、地震応答解析では補助壁を考慮しているが、応力解析では補助壁をモデル化していないことを踏まえ、RCCVに入力する地震荷重を精緻化するため、補助壁分のせん断力を除いた地震荷重をRCCVで負担する評価を実施している。
- 補助壁にせん断力を負担させることについては、3次元FEMモデルを用いたせん断力負担割合の検討により、妥当性を確認している。
- せん断力を負担させた補助壁の健全性については、弾性設計用地震動 S_d による動的地震力では、補助壁がRC-N規準を参考とした耐震要素の条件を満たしており、地震応答解析結果においてせん断応力度がせん断スケルトンの第1折点のせん断応力度より小さいことにより確認している。
- せん断力を負担させた補助壁の健全性については、基準地震動 S_s による動的地震力では、地震応答解析結果において、補助壁に発生するせん断力が終局強度を下回ること、せん断ひずみが 2.0×10^{-3} 以下であることにより確認している。
- 以上より、RCCVの評価における補助壁の取扱い並びに各部材の設計体系の合理性及び結果の保守性を確認した。

項目	内容		既工認時	今回工認	備考
RCCVの評価	応力解析による評価	モデル化	間仕切壁をモデル化せず	間仕切壁及び補助壁をモデル化せず	—
		地震荷重	RCCVのみで負担	補助壁のせん断力の負担分を考慮（せん断断面積比より算定）	補助壁にせん断力を負担させることについて、妥当性及び補助壁の健全性を確認

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

31

（第870回 審査会合（令和2年6月30日）スライド31より抜粋）

審査会合での指摘事項

- 第870回 審査会合では、RCCVの評価において補助壁にせん断力を負担させることに関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.5

今回工認において、補助壁の負担せん断力を減じて設計を行っているRCCVについて、地震応答解析、応力解析、許容限界等の観点に対する保守性の考え方を整理して説明すること。

■ 指摘事項No.6

床スラブについて、補助壁が負担したせん断力を下層へ伝達する役割を担うことから、補助壁が負担するせん断力を床スラブが十分に伝達できていることを説明すること。

指摘事項に対する回答

■ 指摘事項No.5

今回工認において、補助壁の負担せん断力を減じて設計を行っているRCCVについて、地震応答解析、応力解析、許容限界等の観点に対する保守性の考え方を整理して説明すること。

■ 指摘事項No.6

床スラブについて、補助壁が負担したせん断力を下層へ伝達する役割を担うことから、補助壁が負担するせん断力を床スラブが十分に伝達できていることを説明すること。



■ 回答

- RCCVについて、地震応答解析、応力解析、許容限界の観点に対するそれぞれの保守性を整理し、総合的に余裕を有していることを確認した。
- 原子炉建屋の3次元FEMモデルを用いた地震応答解析結果における床スラブの面内せん断応力度より、床スラブが弾性状態であることから、補助壁が負担するせん断力を床スラブを介して下層へ十分に伝達できることを確認した。

2. RCCVの保守性の考え方

A. 地震応答解析における保守性

地震応答解析においては、以下の保守性があり、RCCVは余裕を有している。

A-1. 地震動の策定

地震応答解析の入力である基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d については、震源モデルの不確かさ（断層長さ及び連動、断層傾斜角、応力降下量、破壊伝播速度、アスペリティの位置、破壊開始点）を考慮し、必要に応じてそれらを組み合わせて評価している。

A-2. 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルについては、建屋質点系・地盤2次元FEMモデルと今回工認モデルである埋込みSRモデルを比較すると、応答は概ね同等ではあるが若干埋込みSRモデルの方が大きくなる傾向にある。

A-3. 補助壁のスケルトン曲線

- ・「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005制定）」（RC-N規準）を参考としたプロセスにより間仕切壁から補助壁を選定しており、選定しなかった間仕切壁のせん断剛性を考慮していない。
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）」で評価される第1折点で降伏する、完全弾塑性型のせん断スケルトン曲線で評価している。

A-4. コンクリート剛性

地震応答解析モデルにおけるコンクリート剛性については、実機のコア平均の強度が 55.7N/mm^2 であることを確認しているが、基本モデルとして建設時コンクリートの91日強度 43.1N/mm^2 を設定し、不確かさとして -2σ の強度 37.2N/mm^2 を考慮している。

A-5. 側面地盤回転ばね

地震応答解析モデルにおける側面地盤回転ばねについては、不確かさとしてばね値を50%に低減したケースを考慮している。

B. 応力解析における保守性

応力解析においては、以下の保守性があり、RCCVは余裕を有している。

B-1. 地震荷重

- ・ 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d による地震荷重については、各波の地震応答解析結果ごとに設定することも考えられるが、全波の材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡して設定している。
- ・ 基準地震動 S_s によるせん断力については、補助壁が負担するせん断力を除いてRCCVに入力するせん断力を算定しているが、補助壁が負担するせん断力は補助壁のせん断スケルトン曲線における第1折点のせん断耐力の90%を上限としており、RCCVに入力するせん断力が大きくなるように設定している。
- ・ 静的地震力については、既工認時の静的地震力をそのまま用いることも考えられるが、基準地震動 S_1 による動的地震力及び静的地震力に余裕を考慮して設定した既工認時の設計用地震力の値を適用している。

B-2. 圧力

荷重状態 V の弾性設計用地震動 S_d による地震荷重と組み合わせる圧力については、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえると、事象発生後 10^{-2} 年以上 2×10^{-1} 年未満の期間の圧力を設定することが考えられるが、事象発生以降の最大となる圧力を設定している。

B-3. 応力解析手法

圧力や地震荷重は時々刻々と変化する荷重であり、時刻歴を考慮すると最大値同士が同時に作用しないことも考えられるが、最大値同士を同時に作用させる静的応力解析を採用している。

C. 許容限界における保守性

許容限界においては、以下の保守性があり、RCCVは余裕を有している。

C-1. コンクリート

コンクリートの許容応力度については、地震応答解析におけるコンクリート剛性の不確かさとして考慮している -2σ の強度 37.2 N/mm^2 よりも小さい設計基準強度 32.3 N/mm^2 に基づき設定している。

C-2. 鉄筋

荷重状態Ⅳ及びⅤの鉄筋のひずみの許容値 0.005 については、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」（CCV規格）の解説に「部材の変形が過大にならないように配慮して定めた」とあり、「降伏ひずみの2から3倍程度とした」と記載されている。

一般的に、降伏ひずみの2から3倍程度は、最大引張強度に至るまでには程遠い状態であり、日本産業規格（JIS）に示されるSD345及びSD390の伸びが $16\sim 19\%$ （ $0.16\sim 0.19$ ）であることを踏まえると、破断に対しても十分余裕がある。

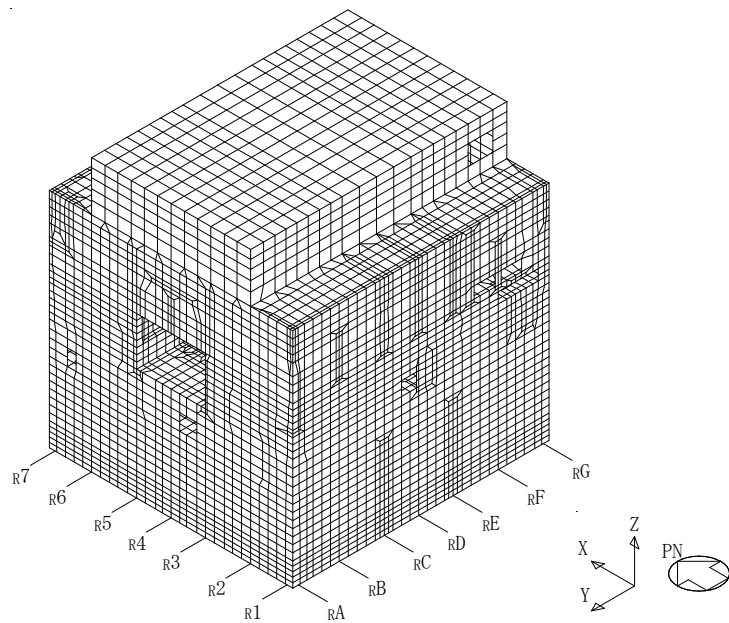
C-3. 断面の評価

- 荷重状態Ⅳ及びⅤのシェル部の面内せん断力及び面外せん断力に対する評価については、CCV規格において鉄筋の許容応力度に最大引張強度ではなく規格降伏点強度を用いることとされており、終局状態に対して保守的な設定となっている。また、CCV規格の式は実験結果の下限を評価している。
- 荷重状態Ⅳ及びⅤのトップスラブ部及び底部の面外せん断力に対する評価については、CCV規格において荷重状態Ⅲの式を用いることとされており、終局状態に対して保守的な設定となっている。

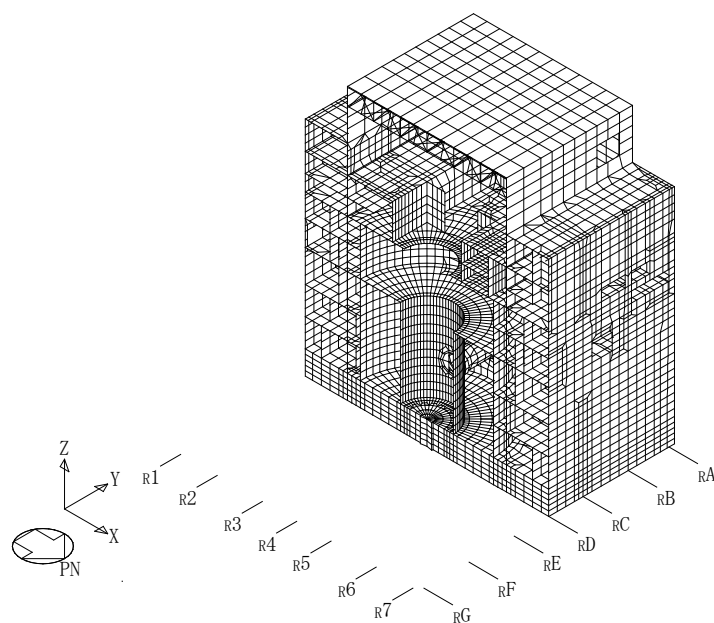
3. 床スラブによるせん断力の伝達

検討方針

- 床スラブが弾性状態であれば、床スラブは補助壁が負担するせん断力を下層へ十分に伝達できると考えられることから、 S_s 地震時に原子炉建屋の床スラブが弾性状態であるかを確認する。
- 原子炉建屋については、3次元挙動を把握するために3次元FEMモデルを用いた地震応答解析を実施しており、その結果における床スラブの面内せん断応力度を確認する。
- ただし、3次元FEMモデルを用いた地震応答解析は弾性応答解析としており、弾性設計用地震動 S_d を入力していることから、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_s の比率として2を乗じることにより、 S_s 地震時の面内せん断応力度を算定する。
- 検討に用いる地震動は、全周期帯の応答が大きく、建屋への影響も大きい S_d-1 とする。



建屋全景（南西面）



NS断面図

3次元FEMモデル

検討結果（1 / 2）

- 各階の床スラブの面内せん断応力度の平均値がコンクリートのせん断ひび割れ強度 1.76N/mm^2 （ $= 0.31\sqrt{F_c}$ ）を下回っていることから、S s 地震時に床スラブが弾性状態であることを確認した。

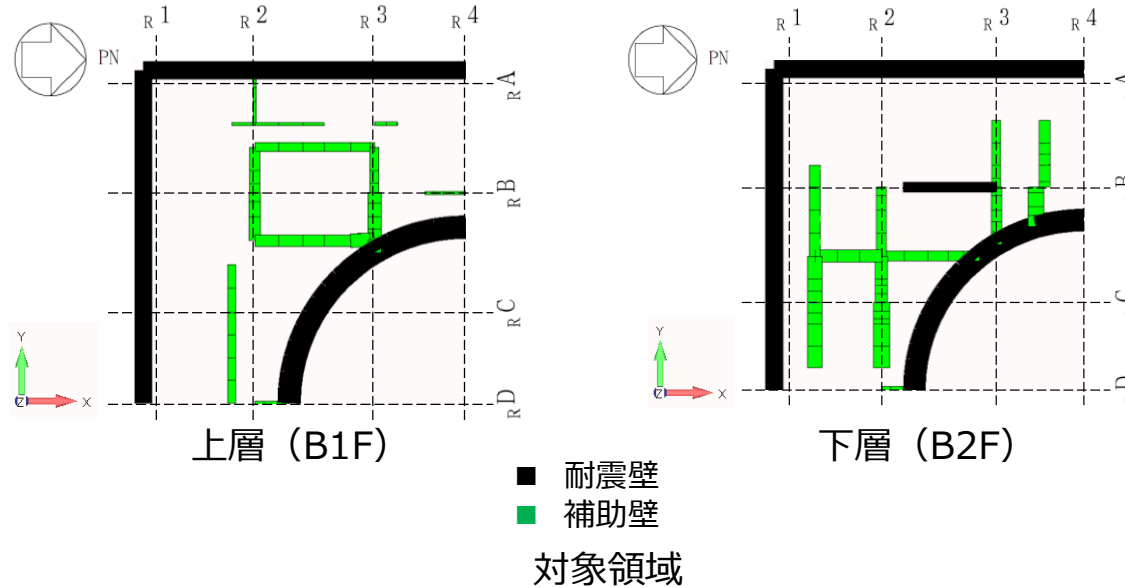
各階の床スラブの面内せん断応力度の平均値（単位：N/mm²）

階	NS方向（X方向）	EW方向（Y方向）
4F (T.M.S.L. 31.7m)	0.805	0.472
3F (T.M.S.L. 23.5m)	0.394	0.347
2F (T.M.S.L. 18.1m)	0.381	0.367
1F (T.M.S.L. 12.3m)	0.509	0.461
B1F (T.M.S.L. 4.8m)	0.435	0.428
B2F (T.M.S.L. -1.7m)	0.524	0.487

注：表中の値は、Sd-1による面内せん断応力度に2を乗じて算定した値。

検討結果 (2 / 2)

- また、補助壁が通り芯から大きく離れており、上層と下層で補助壁が連続しない領域の代表としてB1F南西部を抽出し、その領域の床スラブの面内せん断応力度の平均値についても確認した。
- 対象領域の床スラブの面内せん断応力度の平均値がコンクリートのせん断ひび割れ強度 1.76N/mm^2 ($= 0.31\sqrt{F_c}$) を下回っていることから、S s地震時に床スラブが弾性状態であることを確認した。



対象領域の床スラブの面内せん断応力度の平均値 (単位: N/mm^2)

階	NS方向 (X方向)	EW方向 (Y方向)
B1F (T.M.S.L. 4.8m)	0.541	0.345

注: 表中の値は、Sd-1による面内せん断応力度に2を乗じて算定した値。

まとめ

1. 指摘事項及び回答の概要

- 指摘事項及び回答の概要を示した。

2. RCCVの保守性の考え方

- RCCVについて、地震応答解析、応力解析、許容限界の観点に対するそれぞれの保守性を整理し、総合的に余裕を有していることを確認した。

3. 床スラブによるせん断力の伝達

- 原子炉建屋の3次元FEMモデルを用いた地震応答解析結果における床スラブの面内せん断応力度より、床スラブが弾性状態であることから、補助壁が負担するせん断力を床スラブを介して下層へ十分に伝達できることを確認した。

【論点2】

建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用
【指摘事項に対する回答】

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
7	令和2年6月30日 第870回 審査会合	弾塑性解析を適用するRCCVの評価について、境界条件として用いている床スラブを弾性としてモデル化していることの根拠を説明すること。また、コンクリート強度のばらつきや補助壁等の考慮の有無が拘束効果及び評価結果に与える影響に対する考察を説明すること。
8	令和2年6月30日 第870回 審査会合	弾塑性解析結果による応力、ひずみの程度、分布状況等を示した上で、今回工認において応力平均化を適用する対象領域及びその周辺領域の配筋の状況、各応力の分布状況等を分析して説明すること。また、今回工認において、弾塑性解析を適用し、更に応力平均化を行うことの合理性及び適用範囲について説明すること。

目次

1. 指摘事項及び回答の概要
2. 床スラブの拘束効果
 - 2.1 床スラブの拘束効果の変動による感度解析
 - 2.2 補助壁等による床スラブの拘束効果への影響
3. 弾塑性解析における応力平均化

1. 指摘事項及び回答の概要

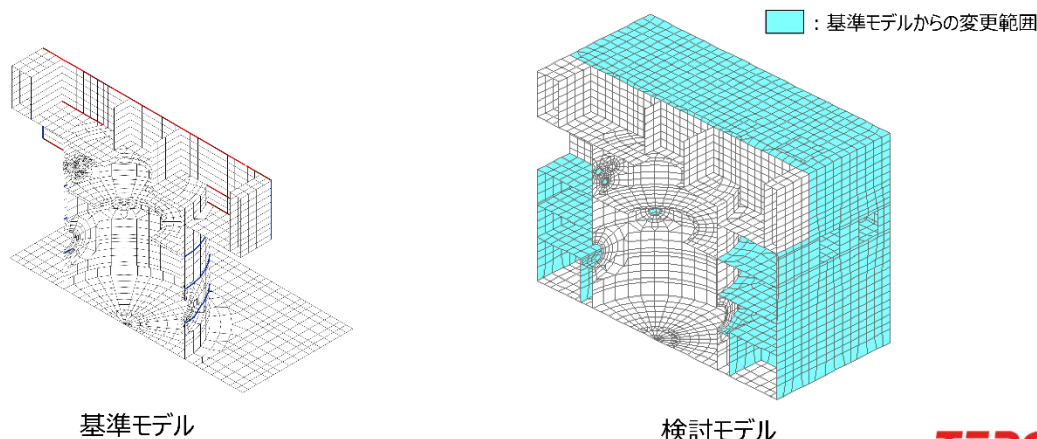
第870回 審査会合（令和2年6月30日）における説明

- 第870回 審査会合では、RCCVの評価についての課題として地震による壁の塑性化を挙げ、境界条件として考慮している壁の塑性化に対する影響検討結果を説明した。

【論点2】 3. 各課題に対する検討

影響検討（B-1：地震による壁の塑性化）

- RCCV底部及び周辺部基礎の応力解析モデル（基準モデル）に弾性部材として考慮している壁は基礎スラブ上の中間壁及びボックス壁であることから基礎スラブに着目し、中間壁及びボックス壁の地震時の塑性化が基礎スラブの応力に及ぼす影響を確認するため、影響検討を実施する。
- 影響検討は、中間壁及びボックス壁を、拘束効果及び塑性化をより忠実に再現できるシェル要素に変更したモデル（検討モデル）を用いて実施する。
- 検討項目は、RCCV底部及び周辺部基礎の断面の評価において検定値が最も大きくなる面外せん断力とする。
- 今回工認における弾塑性解析においても、面外せん断力に対しては非線形特性を考慮できず、弾性として解析を行っているため、本検討は弾性応力解析にて実施する。
- 検討方向は、RCCV底部及び周辺部基礎の評価において検定値が最も大きくなる荷重の組合せケースを参考に、加力方向は水平方向W→E、鉛直方向上向きとする。



©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

57

（第870回 審査会合（令和2年6月30日）スライド57より抜粋）

審査会合での指摘事項

- 第870回 審査会合では、RCCVの評価における境界条件に関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.7

弾塑性解析を適用するRCCVの評価について、境界条件として用いている床スラブを弾性としてモデル化していることの根拠を説明すること。また、コンクリート強度のばらつきや補助壁等の考慮の有無が拘束効果及び評価結果に与える影響に対する考察を説明すること。

指摘事項に対する回答

■ 指摘事項No.7

弾塑性解析を適用するRCCVの評価について、境界条件として用いている床スラブを弾性としてモデル化していることの根拠を説明すること。また、コンクリート強度のばらつきや補助壁等の考慮の有無が拘束効果及び評価結果に与える影響に対する考察を説明すること。



■ 回答

- 原子炉建屋の3次元FEMモデルを用いた地震応答解析結果における床スラブの面内せん断応力度より、床スラブが弾性状態であることを確認した。（指摘事項No.6に対する回答のとおり）
- RCCVの応力解析モデルにおいて拘束条件として考慮している床スラブについて、RCCVの剛性に対して床スラブの剛性が極端に大きくなった場合を想定した感度解析を実施し、評価結果に与える影響が小さいことを確認した上で、補助壁等の考慮の有無が拘束効果に与える影響が小さいことを確認した。

第870回 審査会合（令和2年6月30日）における説明（1 / 2）

- 第870回 審査会合では、弾塑性解析についての課題として応力平均化を挙げ、応力平均化の適用例を説明した。

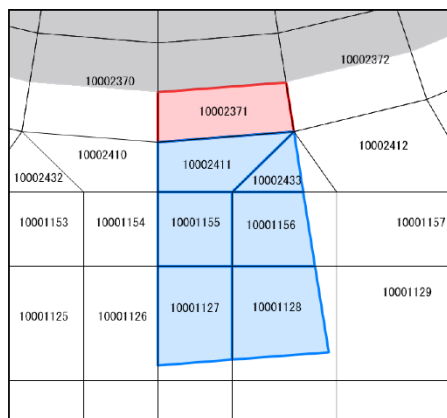
【論点2】 3. 各課題に対する検討

応力平均化の適用例（A-1：応力平均化）

- 応力平均化の適用例として、RCCVの底部での応力平均化を示す。
- 応力平均化の手法として、下式のとおり、要素面積を考慮した重み付け平均で平均化を行っている。

$$\tau_{ave} = \Sigma(\tau_i \times A_i) / \Sigma A_i$$

τ_{ave} : 平均化後の面外せん断応力度
 τ_i : 平均化前の各要素の面外せん断応力度
 A_i : 応力平均化範囲における各要素の面積



■ 応力平均化実施要素
■ 平均化実施に用いた周辺要素

応力平均化範囲

応力平均化の結果

応力平均化対象要素	要素番号	発生値 τ_i (N/mm ²)	要素面積 A_i (m ²)	重み付け値 $\tau_i \times A_i$ ($\times 10^6$ N)
10002371	10001127	1.28	2.91	3.73
	10001128	1.25	3.27	4.08
	10001155	1.87	2.25	4.21
	10001156	1.92	2.32	4.46
	10002411	2.37	2.28	5.40
	10002433	2.28	0.87	1.98
	10002371	3.07	2.66	8.18
	合計		16.56	32.04
τ_{ave} (N/mm ²)		1.93		

赤字 : 応力平均化前のせん断応力度
青字 : 応力平均化後のせん断応力度

（第870回 審査会合（令和2年6月30日）スライド54より抜粋）

第870回 審査会合（令和2年6月30日）における説明（2 / 2）

- 第870回 審査会合では、弾塑性解析についての課題として応力平均化を挙げ、弾塑性解析における応力平均化の考え方を説明した。

【論点2】 3. 各課題に対する検討

弾塑性解析における応力平均化の考え方（A - 1：応力平均化）

- 先行審査においては、応力解析は弾性解析であるが、応力平均化については、面外せん断力に対する断面の評価だけでなく、面外せん断力以外に対する断面の評価においても適用実績があり、適用性が確認されている。
- 今回のRCCVの応力解析には弾塑性解析を採用し、材料の非線形特性を設定しており、面外せん断力以外に対する断面の評価では、応力平均化を適用していない。
- 一方、面外せん断力に対しては非線形特性を考慮できず、弾性として解析を行っているため、算出された応力に対して平均化を行っている。なお、応力平均化を適用した要素において、鉄筋は降伏していない。
- 以上より、弾塑性解析においても、面外せん断力に対する断面の評価に応力平均化を適用することは妥当と考える。

（第870回 審査会合（令和2年6月30日）スライド55より抜粋）

審査会合での指摘事項

- 第870回 審査会合では、弾塑性解析における応力平均化に関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.8

弾塑性解析結果による応力、ひずみの程度、分布状況等を示した上で、今回工認において応力平均化を適用する対象領域及びその周辺領域の配筋の状況、各応力の分布状況等进行分析して説明すること。また、今回工認において、弾塑性解析を適用し、更に応力平均化を行うことの合理性及び適用範囲について説明すること。

指摘事項に対する回答

■ 指摘事項No.8

弾塑性解析結果による応力、ひずみの程度、分布状況等を示した上で、今回工認において応力平均化を適用する対象領域及びその周辺領域の配筋の状況、各応力の分布状況等进行分析して説明すること。また、今回工認において、弾塑性解析を適用し、更に応力平均化を行うことの合理性及び適用範囲について説明すること。



■ 回答

- RCCV底部の応力平均化範囲及びその周辺領域の配筋並びに応力及びひずみのコンター図より、応力平均化範囲でせん断補強筋を考慮可能であり、面外せん断力以外に局所的に大きな応力が発生していないことを確認した。
- 応力平均化範囲におけるせん断破壊面とFEM要素サイズの関係を確認し、弾塑性解析を適用し、更に応力平均化を行うことの合理性を示した。

2. 床スラブの拘束効果

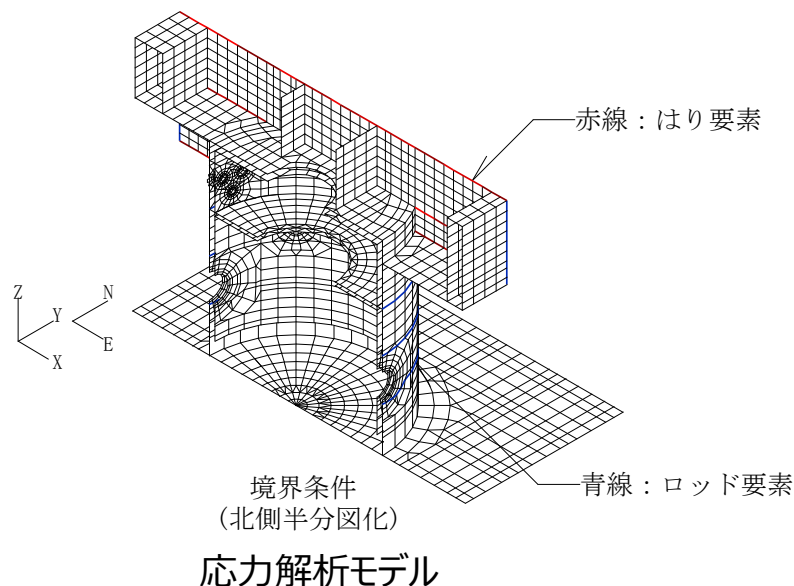
検討方針

- RCCVの応力解析モデルにおいて拘束条件として考慮している床スラブについて、コンクリート強度のばらつきや補助壁等の考慮により拘束効果が大きくなった場合に、評価結果に与える影響を確認する。
- まず、RCCVの応力解析において、RCCVの剛性に対して床スラブの剛性が極端に大きくなった場合を想定した感度解析を実施し、評価結果に与える影響が小さいことを確認する。
- 次に、補助壁等の考慮の有無による拘束効果の変動を確認し、その変動が上記の感度解析で考慮した変動に比べて小さいことを確認する。

2.1 床スラブの拘束効果の変動による感度解析

検討方針（1 / 2）

- RCCVの応力解析において、RCCVの剛性に対して床スラブの剛性が極端に大きくなった場合を想定した感度解析を実施し、評価結果に与える影響が小さいことを確認する。
- 床スラブの剛性の変動は、コンクリート強度を 43.1N/mm^2 (ヤング係数 28800N/mm^2)から実機のコア平均の強度 55.7N/mm^2 (ヤング係数 32700N/mm^2)にすることで考慮する。
- この場合、床スラブだけでなくRCCVも 55.7N/mm^2 となることが考えられるが、床スラブの剛性が極端に大きくなった場合の感度の把握が目的であるため、RCCVと床スラブの剛性の差が大きくなるように、RCCVは 43.1N/mm^2 のままとし、床スラブのみ 55.7N/mm^2 に変更する。
- 感度解析は、RCCVの評価に用いているモデルと同一のモデルを用い、床スラブによる拘束として考慮しているロッド要素及びはり要素の剛性のみ変更し、弾塑性応力解析を実施する。



検討方針（2 / 2）

- 荷重の組合せケースは、弾塑性解析によるRCCVの評価において、床スラブによる拘束の影響が大きいと考えられるRCCVシェル部及び局部で検定値（発生値／許容値）が最も大きい組合せケースNo.3-6（荷重状態Ⅳ・地震時（2）、水平1.0、W→E方向、鉛直下向き）を選定する。

弾塑性解析によるRCCVの評価における検定値一覧

評価項目		シェル部	トップスラブ部	底部	貫通部	局部
*1 等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ	0.255	0.105	0.160	0.325	0.158
	鉄筋ひずみ	0.218	0.162	0.080	0.376	0.176
膜力	圧縮応力度	0.739	—	—	—	0.250
面内せん断力	面内せん断応力度	0.698	—	—	—	0.541
面外せん断力	面外せん断応力度	0.514	0.897	0.832*2	0.894*2	0.967

注記*1：トップスラブ部及び底部では軸力＋曲げモーメントを示す。

*2：応力平均化後の値を示す。

ケースNo.3-6の検定値

検討結果

- 各評価項目に対して、検定値が1.0以下であり、剛性の変更前後で検定値の変化がほとんどないことから、床スラブの拘束効果の変動が評価結果に与える影響が小さいことを確認した。

影響検討における検定値一覧

評価項目		シェル部	トップスラブ部	底部	貫通部	局部
*1 等価膜力 + 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ	0.162 (0.163)	0.049 (0.050)	0.054 (0.054)	0.279 (0.280)	0.068 (0.070)
	鉄筋ひずみ	0.085 (0.085)	0.025 (0.026)	0.021 (0.021)	0.164 (0.165)	0.027 (0.028)
膜力	圧縮応力度	0.571 (0.571)	—	—	—	0.192 (0.191)
面内せん断力	面内せん断応力度	0.600 (0.602)	—	—	—	0.332 (0.330)
面外せん断力	面外せん断応力度	0.345 (0.344)	0.593 (0.599)	0.708 (0.708)	0.480*2 (0.480*2)	0.964 (0.967)

注：（）内は、床スラブの剛性変更前のケースNo.3-6の検定値を示す。

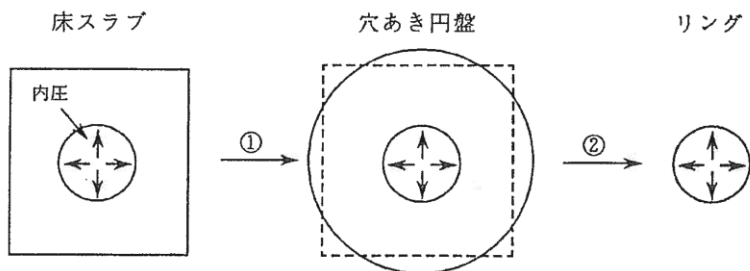
注記*1：トップスラブ部及び底部では軸力+曲げモーメントを示す。

*2：応力平均化後の値を示す。

2.2 補助壁等による床スラブの拘束効果への影響

既工認時の検討

- RCCVに取り付く床スラブは、その円周方向の剛性により、RCCVが圧力等を受けた場合の半径方向の変位を拘束するロッド要素として考慮している。
- ロッド要素の円周方向剛性は、内圧を作用させた場合の半径方向の変位が、床スラブを面積が等価な穴あき円盤に置換した場合の変位と同一になるように既工認時から設定している。
- 既工認時においては、構造が類似した第6号機と併せて、床スラブをシェル要素、外壁をはり要素でモデル化したFEM解析による床スラブの半径方向ばね剛性と、穴あき円盤の半径方向ばね剛性がほぼ等しいことにより、ロッド要素の妥当性を確認している。

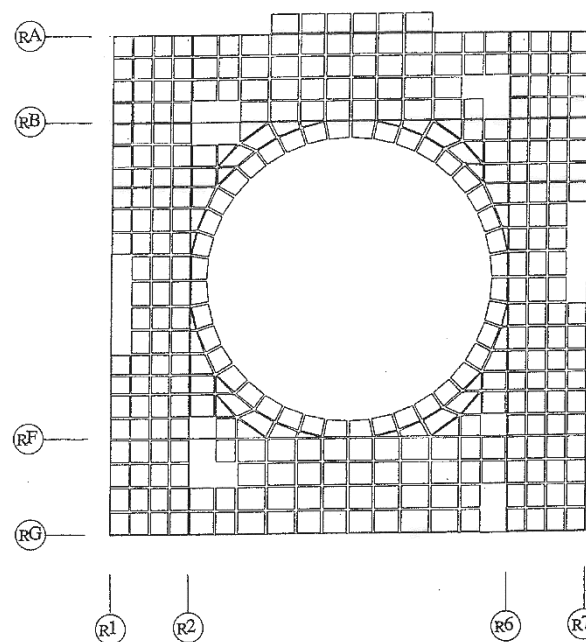


- ① : 等価面積の穴あき円盤に置換
 ② : 内圧をかけた場合等価な円周方向剛性を有する
 ROD要素に置換

RCCVに取り付く床スラブのロッド要素置換

半径方向ばね剛性の比較

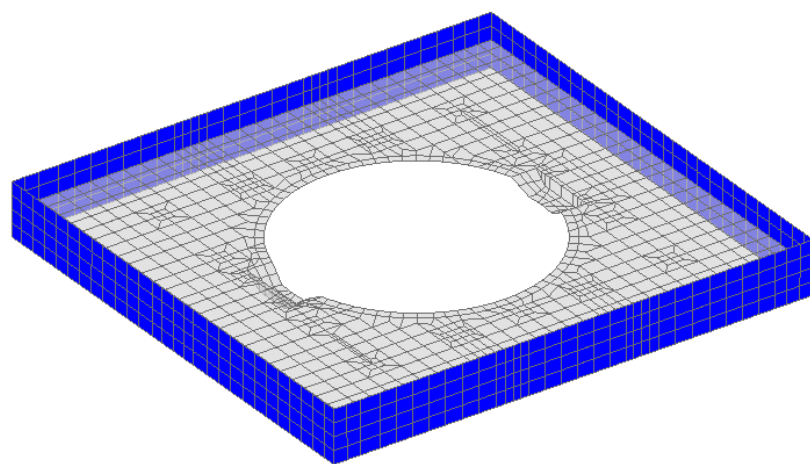
	①FEM解析 ($\times 10^4 \text{t/m}$)	②円盤置換 ($\times 10^4 \text{t/m}$)	② / ①
第6号機	8.737	8.313	0.95
第7号機	9.235	8.367	0.91



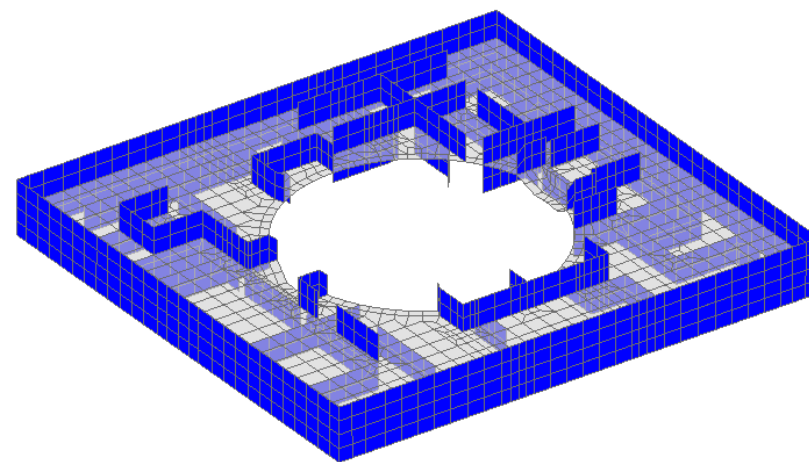
既工認時のFEM解析モデル
(1F, T.M.S.L.12.3m)

検討方針

- RCCVに取り付く床スラブについては、既工認時に外壁を考慮したFEMモデルにより剛性の妥当性を確認していたため、今回の検討では、補助壁及び中間壁の考慮の有無が拘束効果に与える影響を確認する。
- 各階を取り出した床スラブの補助壁及び中間壁がない場合とある場合のFEMモデルを作成し、RCCV側から半径方向の単位荷重を入力した弾性応力解析を実施し、半径方向の変位の比較を行う。
- 外壁、補助壁及び中間壁は上下階の中心間の高さまでモデル化し、壁の上下端の節点及びRCCV外周の節点を鉛直方向固定とする境界条件を設定する。



補助壁及び中間壁がない場合



補助壁及び中間壁がある場合

応力解析モデル (B2F(T.M.S.L.-1.7m)の例)

検討結果

- 補助壁及び中間壁がない場合とある場合で半径方向の変位に大きな差がなく、拘束効果は約5%の増大となり、「2.1 床スラブの拘束効果の変動による感度解析」で考慮した変動に比べて小さいことを確認した。

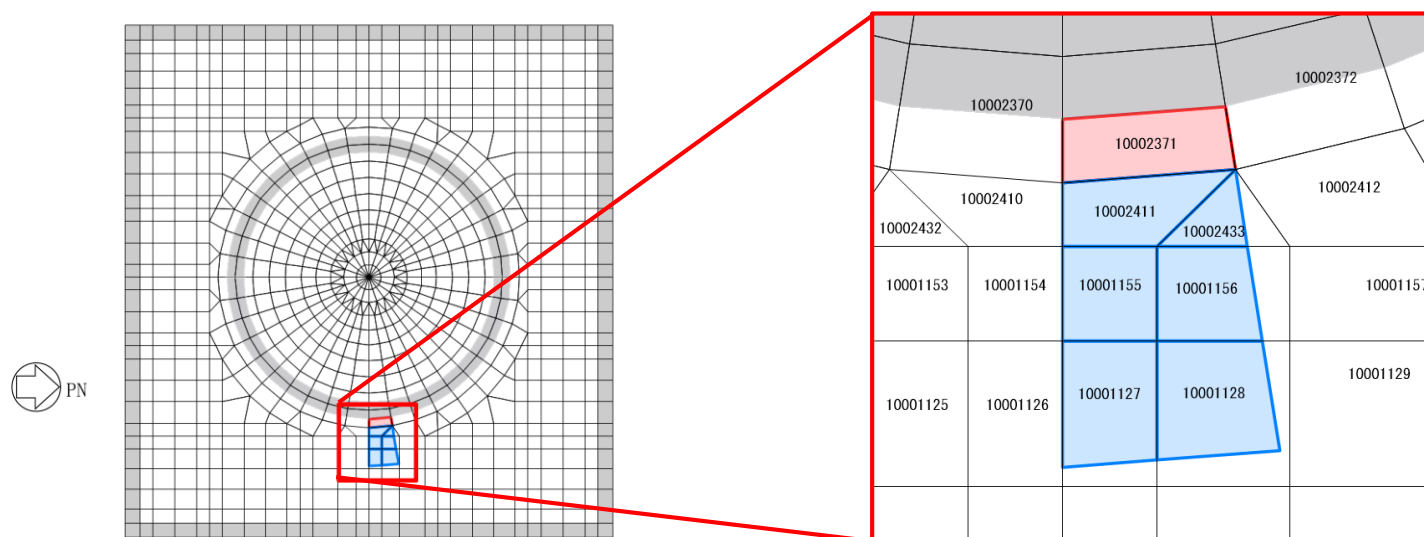
半径方向の変位の比較

階	① 補助壁及び 中間壁がない場合 ($\times 10^{-6}\text{m}$)	② 補助壁及び 中間壁がある場合 ($\times 10^{-6}\text{m}$)	比率 (②/①)
1F (T.M.S.L. 12.3m)	0.921	0.873	0.95
B1F (T.M.S.L. 4.8m)	1.16	1.10	0.95
B2F (T.M.S.L. -1.7m)	1.11	1.05	0.95

3. 弾塑性解析における応力平均化

応力平均化の適用箇所

- RCCV底部ではRC-N規準を参考に、壁面から基礎スラブの部材厚の範囲で、面外せん断力に対して応力平均化を適用している。
- 以降では、この応力平均化範囲及びその周辺領域の配筋並びに応力及びひずみのコンター図を確認する。
- なお、RCCVと同様に弾塑性解析を実施しているコントロール建屋では、応力平均化を適用していない。

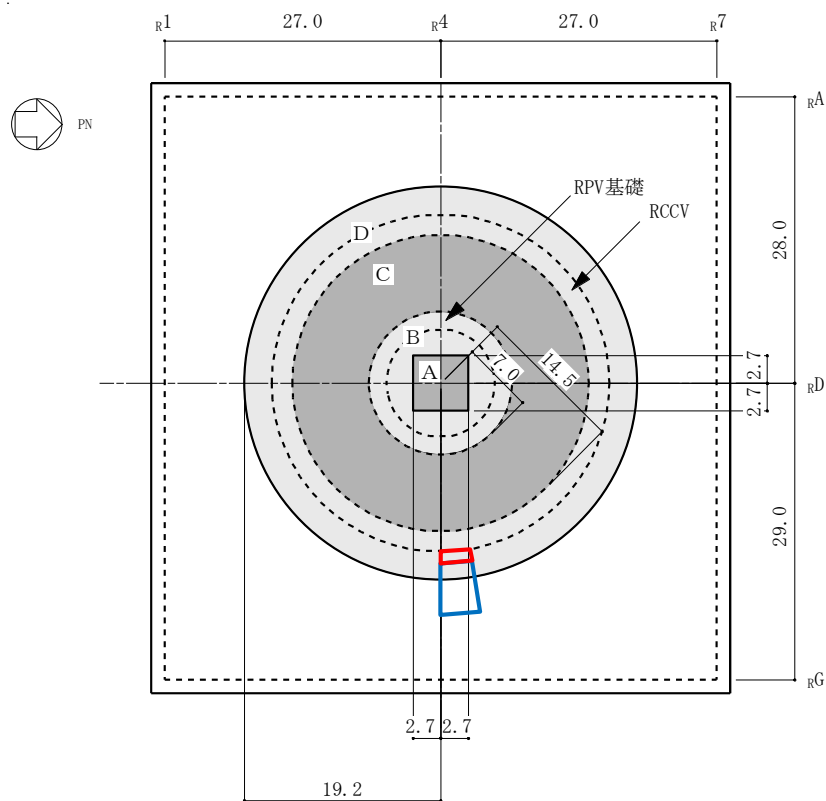


- 応力平均化実施要素
- 平均化実施に用いた周辺要素

RCCV底部の応力平均化範囲

配筋 (1 / 3)

- 応力平均化範囲とRCCV底部の主筋の関係は、以下の図のとおりとなっている。



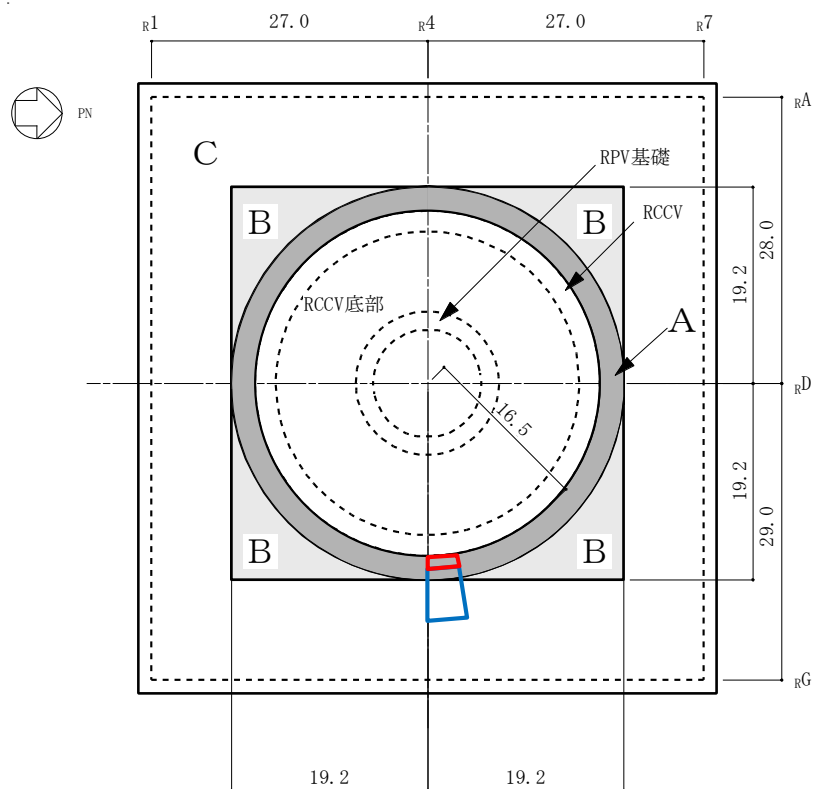
- 応力平均化実施要素
- 平均化実施に用いた周辺要素

領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	3-D38@130	NS	5-D38@200
	EW	3-D38@130	EW	5-D38@200
B	放射	5×160-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 + 3-D38@400	EW	5-D38@200
C	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 + 3-D38@400	EW	5-D38@200
D	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	5-D38@200	EW	5-D38@200

主筋 (RCCV底部)

配筋 (2 / 3)

- 応力平均化範囲と周辺部基礎の主筋の関係は、以下の図のとおりとなっている。



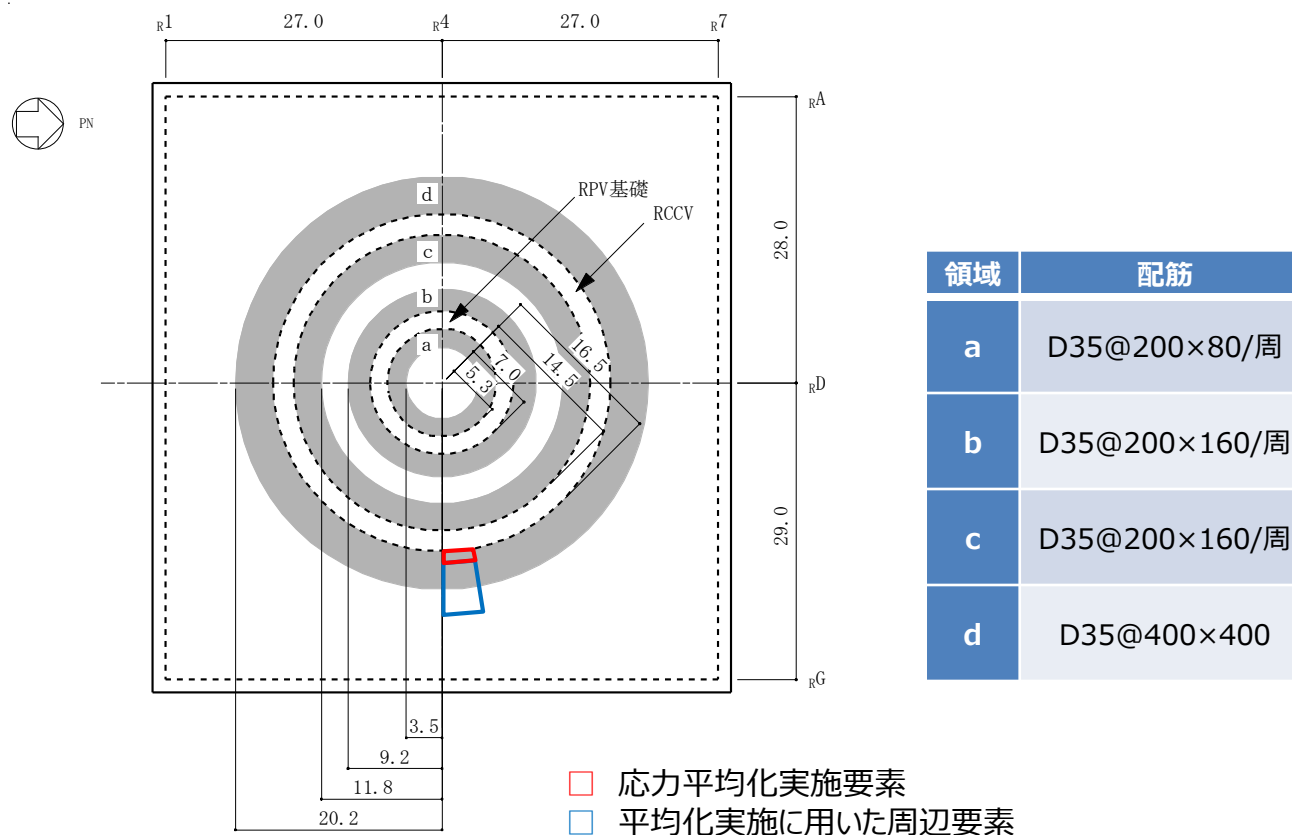
領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	5-D38@200	EW	5-D38@200
B	NS	3-D38@200	NS	5-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	5-D38@200
C	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200

- 応力平均化実施要素
- 平均化実施に用いた周辺要素

主筋 (周辺部基礎)

配筋 (3 / 3)

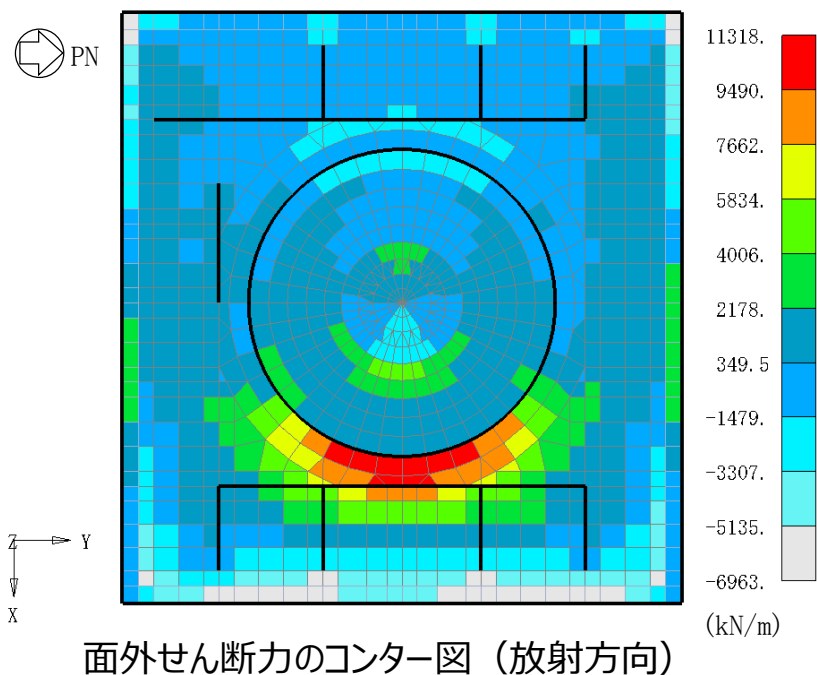
- 応力平均化範囲とせん断補強筋の関係は、以下の図のとおりとなっており、応力平均化範囲にせん断補強筋が存在する。
- CCV規格においては、せん断補強筋比が0.002以上であればせん断補強筋を考慮することが可能であるとされており、今回の応力平均化範囲においても、せん断補強筋比が0.002以上の範囲ではせん断補強筋を考慮し、0.002未満の範囲ではせん断補強筋を考慮していない。



せん断補強筋

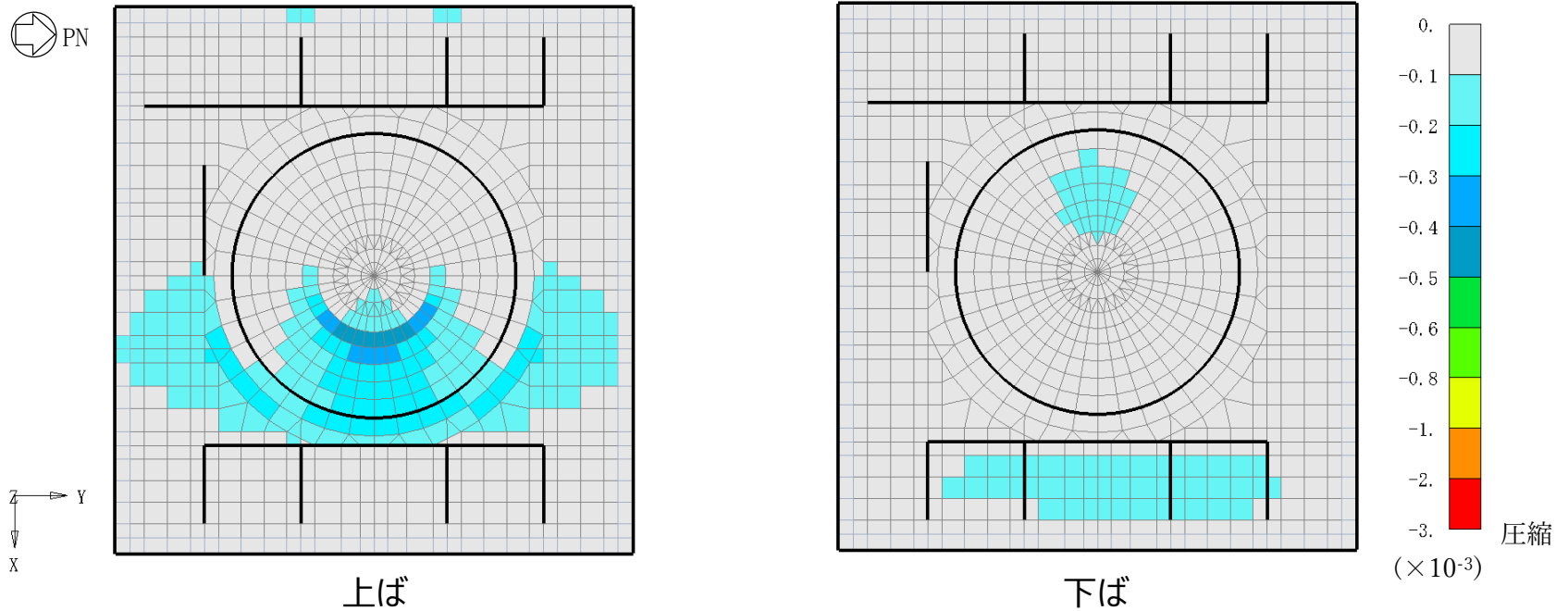
応力及びひずみのコンター図（1 / 3）

- 応力平均化を適用している荷重の組合せケースNo.3-2（荷重状態Ⅳ・地震時(2)，水平1.0，W→E方向，鉛直上向き）における面外せん断力並びにコンクリート圧縮ひずみ及び鉄筋ひずみのコンター図を確認する。
- 面外せん断力のコンター図より，応力平均化範囲及びその周辺領域では大きな面外せん断力が発生していることを確認した。



応力及びひずみのコンター図 (2 / 3)

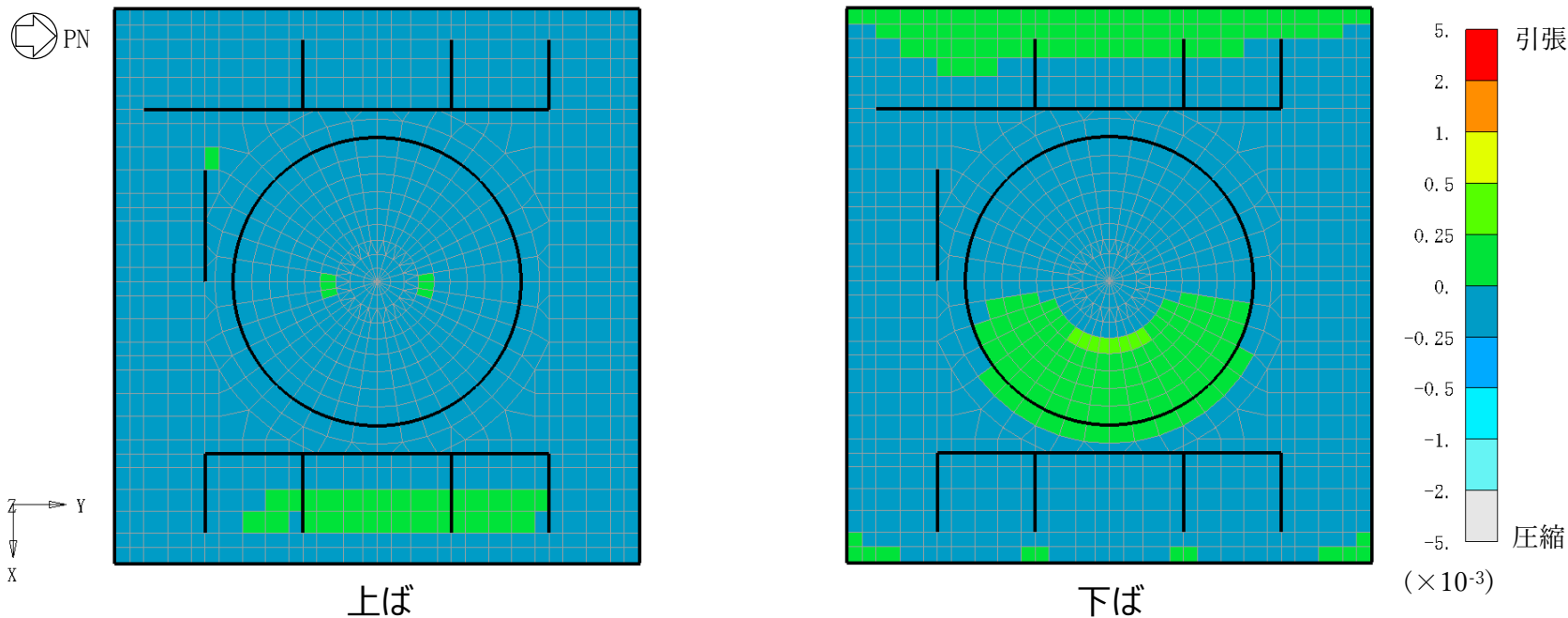
- コンクリート圧縮ひずみのコンター図より、応力平均化範囲及びその周辺領域では、局所的に大きなひずみは発生しておらず、コンクリート圧縮ひずみは許容値 3.00×10^{-3} に対して十分小さいことを確認した。



コンクリート圧縮ひずみのコンター図
(円周放射配筋部分は放射方向，格子配筋部分はEW方向)

応力及びひずみのコンター図 (3 / 3)

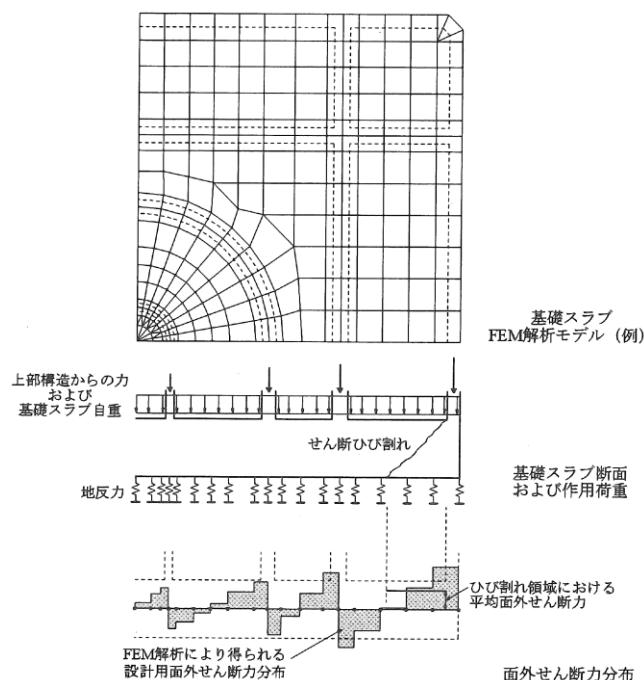
- 鉄筋ひずみのコンター図より、応力平均化範囲及びその周辺領域では、局所的に大きなひずみは発生しておらず、鉄筋引張ひずみは許容値 5.00×10^{-3} に対して十分小さく、弾性範囲であることを確認した。



鉄筋ひずみのコンター図
(円周放射配筋部分は放射方向，格子配筋部分はEW方向)

せん断破壊面とFEM要素サイズの関係 (1 / 2)

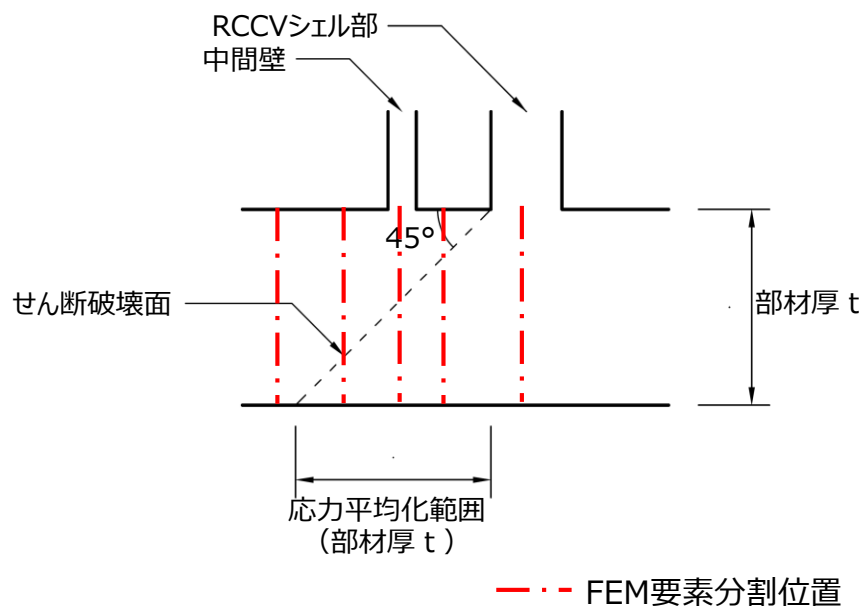
- RC-N規準においては、「通常の場合、FEM解析の要素サイズは、基礎スラブ版厚より小さいため、付図2.2に模式的に示されるように設計用面外せん断力は想定されるひび割れ領域での平均面外せん断力に対して大きめの評価となっているといえる。」とされている。
- FEM要素サイズが部材厚より小さい場合、FEM要素に生じる面外せん断力がひび割れ領域の面外せん断力と対応しないことから、弾塑性解析においても、面外せん断力については応力を平均化して求めることができる。



RC-N規準の付図2.2

せん断破壊面とFEM要素サイズの関係 (2 / 2)

- RC-N規準の付図2.2より、せん断破壊面は荷重を作用させる部材から45°の角度で進展すると考えられる。
- これより、RCCV底部ではせん断破壊面が面材の表面から裏面まで貫通する範囲を応力平均化範囲としており、応力平均化範囲内のFEM要素に生じるせん断力をFEM要素サイズに応じた比率で平均化している。
- この場合、平均化後の面外せん断力は、弾塑性解析においても、せん断破壊面とFEM要素サイズの幾何学的関係で決まると言える。



RCCV底部のせん断破壊面とFEM要素サイズの関係

まとめ

1. 指摘事項及び回答の概要

- 指摘事項及び回答の概要を示した。

2. 床スラブの拘束効果

- RCCVの応力解析において、RCCVの剛性に対して床スラブの剛性が極端に大きくなった場合を想定した感度解析を実施し、評価結果に与える影響が小さいことを確認した。
- 補助壁等の考慮の有無による拘束効果の変動を確認し、その変動が上記の感度解析で考慮した変動に比べて小さいことを確認した。

3. 弾塑性解析における応力平均化

- RCCV底部の応力平均化範囲及びその周辺領域の配筋並びに応力及びひずみのコンター図より、応力平均化範囲でせん断補強筋を考慮可能であり、面外せん断力以外に局所的に大きな応力が発生していないことを確認した。
- 応力平均化範囲におけるせん断破壊面とFEM要素サイズの関係を確認し、弾塑性解析を適用し、更に応力平均化を行うことの合理性を示した。

【参考】

主な説明事項		
[1] 詳細設計段階における設置変更 許可審査時からの設計変更	1	中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し
	2	5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し
	3	5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備の保管方法の変更
	4	復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し
[2] 設計方針に関する説明事項	1	使用済燃料貯蔵プール水位の監視
	2	重大事故等時の格納容器評価における評価条件
	3	火災感知器の配置
	4	地下水に対する浸水防護対策
	5	竜巻設計飛来物の感度解析
	6	ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置
[3] 耐震・強度評価に関する説明事項	1	津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）
	2	地盤物性の設定
	3	基礎地盤傾斜による建物・構築物及び機器の耐震性への影響
	4	建物・構築物における地震応答解析モデルの既工認からの変更点
	5	原子炉本体基礎の復元力特性
	6	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用
	7	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデルのモデル化方針
	8	屋外重要土木建造物のモデル化方針
	9	耐震評価における等価繰返し回数
	10	加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定
	11	弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）
	12	燃料集合体の耐震性
	13	制御棒・破損燃料貯蔵ラックにおける排除水体積質量減算の適用
	14	ECCSストレナの耐震・強度評価への流動解析の適用

第870回審査会合資料の訂正

第870回（2020年6月30日）審査会合資料において、指摘事項の記載に漏れがあったため、同資料について次頁以降の赤字下線で示す箇所を訂正（追記）する。

本日のご説明内容

▶ 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の指摘事項に対する回答

No.	実施日	指摘事項
1	令和2年2月4日 第830回 審査会合	地震応答解析モデルにおいて補助壁を耐震要素として考慮することに関連して、設計体系の他のプロセスにおいての補助壁の取扱いを整理するとともに、設計体系の合理性及び結果の保守性の観点から設計体系の考え方を説明すること。
2	令和2年6月16日 第867回 審査会合	<u>補助壁の設計上の取扱いについて、既工認時の設計体系における補助壁の取扱いを踏まえて、設計体系における各部位の評価上の取扱い並びに設計体系の合理性及び保守性を詳細に説明すること。</u>

審査会合での指摘事項

- 第830回及び第867回審査会合では、地震応答解析モデルの既工認からの変更点のうち補助壁の考慮に関連し、以下の指摘を受けた。

■ 指摘事項No.1

地震応答解析モデルにおいて補助壁を耐震要素として考慮することに関連して、設計体系の他のプロセスにおいての補助壁の取扱いを整理するとともに、設計体系の合理性及び結果の保守性の観点から設計体系の考え方を説明すること。

■ 指摘事項No.2

補助壁の設計上の取扱いについて、既工認時の設計体系における補助壁の取扱いを踏まえて、設計体系における各部位の評価上の取扱い並びに設計体系の合理性及び保守性を詳細に説明すること。

指摘事項に対する課題の整理及び回答

■ 指摘事項No.1

地震応答解析モデルにおいて補助壁を耐震要素として考慮することに関連して、設計体系の他のプロセスにおいての補助壁の取扱いを整理するとともに、設計体系の合理性及び結果の保守性の観点から設計体系の考え方を説明すること。

■ 指摘事項No.2

補助壁の設計上の取扱いについて、既工認時の設計体系における補助壁の取扱いを踏まえて、設計体系における各部位の評価上の取扱い並びに設計体系の合理性及び保守性を詳細に説明すること。



■ 課題

- 地震応答解析の他の設計プロセスである耐震壁，RCCV，基礎スラブの評価において，補助壁の取扱いが整理されていない。
- ⇒設計体系全体として，補助壁を考慮することの合理性及び結果の保守性が確認できていない。



■ 回答

- 設計体系のプロセスについて，既工認時及び今回工認における地震応答解析，設計用地震力，評価のフローを整理した。
- 今回工認の耐震壁，RCCV，基礎スラブの評価における補助壁の取扱いを整理し，各部材の設計体系の合理性及び結果の保守性を確認した。